

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-346557

(43)Date of publication of application : 27.12.1993

---

(51)Int.Cl. G02B 27/00

G02F 1/13

---

(21)Application number : 04-311736 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC  
IND CO LTD

(22)Date of filing : 20.11.1992 (72)Inventor : MASUMOTO YOSHIHIRO

---

(30)Priority

Priority number : 04 76694 Priority date : 31.03.1992 Priority country : JP

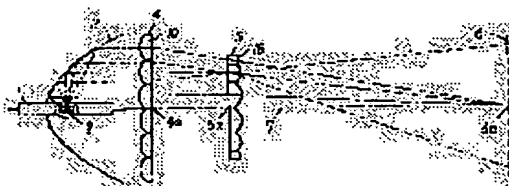
---

(54) LIGHTING OPTICAL DEVICE AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE  
USING THE SAME

**THIS PAGE BLANK (USPTO**

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide lighting with high brightness uniformity by splitting a single piece of luminous flux having large brightness irregularity into partial pieces of luminous flux having small brightness irregularity and putting them one over another in a lighted area and to provide lighting with high light utilization efficiency and a small angle of convergence by constituting a 2nd lens array which has a smaller aperture than before without generating light loss since each 2nd lens has a necessary aperture enough for the sectional area of the partial piece of luminous flux passing through it.



CONSTITUTION: A 1st lens array 4 splits the single piece of luminous flux emitted by a parabolic mirror 3 into the partial pieces of luminous flux which are as many as the 1st lenses 10. The 2nd lens array 5 transmits the respective partial pieces of luminous flux onto the lighted area 6 through the operation of the 2nd lenses and puts them one over another. The 2nd lenses 15, however, are made relatively smaller and smaller in aperture area as the distance between the aperture center of the 1st corresponding lens 10 and the main optical axis 7 is longer and longer.

---

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.01.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2973750

[Date of registration] 03.09.1999

**THIS PAGE BLANK (USP)**

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] An emitter, a condensing means to change the synchrotron orbital radiation of said emitter into the single flux of light, and the 1st lens array that arranged two or more 1st lenses which have the opening configuration of abbreviation identitas in the shape of-dimensional [ 2 ], It has the 2nd lens array which arranged two or more 2nd lenses which make said 1st lens and pair in the shape of-dimensional [ 2 ]. Said 1st lens array makes the partial flux of light concerned converge most near the opening of said 2nd lens which corresponds while dividing into two or more partial flux of lights the single flux of light which carried out outgoing radiation of said condensing means. Said 2nd lens array makes each of two or more partial flux of lights which carry out incidence to this transmit and superimpose on an illuminated field. Each of said 2nd lens is illumination-light study equipment characterized by having bigger opening than the cross section which the partial flux of light concerned which carries out incidence to these converged most, making each of said 2nd lens close, arranging, and making it the service area of said 2nd lens array approximate the smallest possible circular region.

[Claim 2] Illumination-light study equipment according to claim 1 characterized by height H of said 1st lens making small relatively effective opening area of said 2nd lens about a part of [ at least ] 2nd lens in a larger thing when the distance of each opening core and optical axis of a condensing means is expressed as height H about the 1st lens.

[Claim 3] A condensing means is illumination-light study equipment according to claim 1 which consists mainly of a concave mirror and makes the direction of a major axis of an emitter, and the optical axis of said condensing means the abbreviation same direction.

[Claim 4] The 1st lens is illumination-light study equipment according to claim 1 which is the plano-convex lens which turned the convex to the incidence side.

[Claim 5] Illumination-light study equipment according to claim 1 which made the aspheric surface one [ at least ] optical surface of the 1st lens or the 2nd lens.

[Claim 6] Opening of the 1st lens is illumination-light study equipment according to claim 1 which is an abbreviation similarity configuration as the configuration of a predetermined illuminated field.

[Claim 7] Illumination-light study equipment according to claim 1 which was equipped with the mirror by return into the optical path between the 1st lens array and the 2nd lens array, and was equipped with the concave lens into the optical path between said 2nd lens array and an illuminated field.

[Claim 8] An emitter is illumination-light study equipment according to claim 1 formed by the metal halide lamp.

[Claim 9] An emitter, a condensing means to change the synchrotron orbital radiation of said emitter into the single flux of light, and the 1st lens array that arranged two or more 1st lenses which have the opening configuration of abbreviation identitas in the shape of-dimensional [ 2 ], It has the 2nd lens array which arranged two or more 2nd lenses which make said 1st lens and pair in the shape of-dimensional [ 2 ]. Said 1st lens array makes the partial flux of light concerned converge most near the opening of said 2nd lens which corresponds while dividing into two or more partial flux of lights the single flux of light which carried out outgoing radiation of said condensing means. Said 2nd lens array makes each of two or more partial flux of lights which carry out incidence to this transmit and superimpose on an illuminated field. Any one [ at least ] of said 1st lens array or said the 2nd lens arrays is illumination-light study equipment characterized by being the lens array which formed the convex lens in both sides of a substrate alternately with abbreviation.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Claim 10] Illumination-light study equipment according to claim 9 which made the aspheric surface one [ at least ] optical surface of the 1st lens or the 2nd lens.

[Claim 11] Opening of the 1st lens is illumination-light study equipment according to claim 9 which is an abbreviation similarity configuration as the configuration of a predetermined illuminated field.

[Claim 12] An emitter, a condensing means to change the synchrotron orbital radiation of said emitter into the single flux of light, and the 1st lens array that arranged two or more 1st lenses which have the opening configuration of abbreviation identitas in the shape of-dimensional [ 2 ], It has the 2nd lens array which arranged two or more 2nd lenses which make said 1st lens and pair in the shape of-dimensional [ 2 ]. Said 1st lens array makes the partial flux of light concerned converge most near the opening of said 2nd lens which corresponds while dividing into two or more partial flux of lights the single flux of light which carried out outgoing radiation of said condensing means. It is illumination-light study equipment which said 2nd lens array makes transmit and superimpose each of two or more partial flux of lights which carry out incidence to this on an illuminated field, and is characterized by said 2nd lens array consisting of the 2nd lens whose each is a Fresnel lens.

[Claim 13] The 2nd lens array is illumination-light study equipment according to claim 12 which is the lens array which formed in both sides of a substrate the Fresnel lens side which accomplishes the 2nd lens alternately with abbreviation.

[Claim 14] An emitter, a condensing means to change the synchrotron orbital radiation of said emitter into the single flux of light, and the 1st lens array that arranged two or more 1st lenses which have the opening configuration of abbreviation identitas in the shape of-dimensional [ 2 ], It has the 2nd lens array which arranged two or more 2nd lenses which make said 1st lens and pair in the shape of-dimensional [ 2 ]. Said 1st lens array makes the partial flux of light concerned converge most near the opening of said 2nd lens which corresponds while dividing into two or more partial flux of lights the single flux of light which carried out outgoing radiation of said condensing means. It is illumination-light study equipment which said 2nd lens array makes transmit and superimpose each of two or more partial flux of lights which carry out incidence to this on an illuminated field, and is characterized by forming any one [ at least ] of said 1st lens array or said the 2nd lens arrays with translucency silicone rubber.

[Claim 15] An emitter, a condensing means to change the synchrotron orbital radiation of said emitter into the single flux of light, and the 1st lens array that arranged two or more 1st lenses which have the opening configuration of abbreviation identitas in the shape of-dimensional [ 2 ], The 2nd lens array which arranged two or more 2nd lenses which make said 1st lens and pair in the shape of-dimensional [ 2 ], It has the projection optical system which carries out expansion projection of the optical image on at least one a light valve and said light valve on a screen. Said 1st lens array makes the partial flux of light concerned converge most near the opening of said 2nd lens which corresponds while dividing into two or more partial flux of lights the single flux of light which carried out outgoing radiation of said condensing means. Said 2nd lens array makes each of two or more partial flux of lights which carry out incidence to this transmit and superimpose on the effective viewing area of said light valve. Said projection optical system makes the light which carried out outgoing radiation of said light valve reach effectively on said screen. Each of said 2nd lens is a projection mold display characterized by having bigger opening than the cross section which the partial flux of light concerned which carries out incidence to these converged most, making each of said 2nd lens close, arranging, and making it the service area of said 2nd lens array approximate the smallest possible circular region.

[Claim 16] A light valve is a projection mold display according to claim 15 which is a liquid crystal panel.

[Claim 17] The emitter which emits the light which contains the three primary colors at least, and a condensing means to change the synchrotron orbital radiation of said emitter into the single flux of light, The 1st lens array which arranged two or more 1st lenses which have the opening configuration of abbreviation identitas in the shape of-dimensional [ 2 ], The 2nd lens array which arranged two or more 2nd lenses which make said 1st lens and pair in the shape of-dimensional [ 2 ], A color-separation means to decompose into colored light in three primary colors the light which carries out outgoing radiation from said 2nd lens array, It has the projection optical system which compounds the optical image on the light valve of three sheets which forms the optical image corresponding to the three primary colors, and said light valve of three sheets, and carries out expansion projection on a screen. Said 1st lens array makes the partial flux of light concerned converge most near the opening of said 2nd lens which corresponds while dividing into two or more partial flux of lights the single flux of light which carried out outgoing radiation of said condensing means. Said 2nd lens array makes each of two

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

or more partial flux of lights which carry out incidence to this transmit and superimpose on the effective viewing area of said light valve according to colored light of each. Said color-separation means makes each colored light reach effective in each to which said light valve of three sheets corresponds. Said projection optical system makes each colored light which carried out outgoing radiation of said light valve of three sheets reach effectively on said screen. Each of said 2nd lens has bigger opening than the cross section which the partial flux of light concerned which carries out incidence to these converged most. The projection mold display characterized by having a mirror by return into the optical path of said 1st lens array and said 2nd lens array while making each of said 2nd lens close, arranging and making it the service area of said 2nd lens array approximate the smallest possible circular region.

[Claim 18] The projection mold display according to claim 17 characterized by having at least one concave lens into the optical path from the 2nd lens array to each of the light valve of three sheets.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USE)**

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention illuminates a light valve with the illumination-light study equipment used for the application which mainly illuminates a light valve, and the illumination-light study equipment concerned, and relates to the projection mold display which carries out expansion projection of the optical image on a light valve on a screen.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the projection mold display using the light valve as one of the approaches of displaying a big screen image is known. By recent years, the projection mold indicating equipment which used the liquid crystal panel is developed, for example, an example of the configuration is indicated by 491-422 pages of SID'91 digests.

[0003] The illumination-light study equipment which illuminates the optical image on a light valve with a powerful light is required for such a projection mold indicating equipment, and the engine performance influences the image quality of a projection image greatly. Concretely, it is efficient, and excels in color reproduction nature, and the homogeneous good illumination-light study equipment of brightness and a color is demanded.

[0004] There is concave mirror type illumination-light study equipment as an example of the illumination-light study equipment used conventionally. The example of a configuration of such illumination-light study equipment is shown in ( drawing 18 ). It mainly consists of a lamp 201 and a concave mirror 202. A concave mirror 202 is a parabolic mirror, it condenses the great portion of light which an emitter 203 emits, forms the illumination light 205 near an optical axis 204 in parallel, and illuminates the illuminated field 206.

[0005] For example, a metal halide lamp is used for a lamp 201. Otherwise, although a xenon lamp, a halogen lamp, etc. are used, as compared with these lamps, the metal halide lamp is excellent in luminous efficiency and color reproduction nature. An ellipsoid mirror etc. is elsewhere used for a concave mirror 202.

[0006] While such concave mirror type illumination-light study equipment has an advantage with the condensing high effectiveness of a concave mirror 202, its about 204 optical axis luminous density is high, and its brightness unevenness of the illuminated field 206 is comparatively large. For example, in order to improve brightness unevenness, the approach of carrying out frosting processing of the arc tube front face of a lamp 201 is learned, but in order for the arc tube by which frosting processing was carried out to diffuse the illumination light, the brightness of the illuminated field 206 falls greatly.

[0007] The configuration called the integrator using the lens array as an approach of improving the brightness homogeneity of the illumination light, on the other hand is known, for example, there are JP,43-5089,B and JP,3-111806,A. The example of a configuration of such illumination-light study equipment is shown in ( drawing 19 R> 9 ).

[0008] The illumination-light study equipment shown in ( drawing 19 ) has added the 1st lens array plate 221, the 2nd lens array plate 222, and the 3rd lens 223 to the concave mirror type illumination-light study equipment shown in ( drawing 18 R> 8 ). Two or more 1st lenses 224 are arranged in the shape of-dimensional [ 2 ], and the 1st lens array plate 221 constitutes them. Similarly, the 2nd lens array plate 222 is also arranged in the shape of-dimensional [ 2 ], and constitutes two or more 2nd lenses 225. The 1st lens array plate 221 divides into the partial flux of light of the 1st lens 224 and the same number the big single flux of light of the brightness unevenness which carries out outgoing radiation from a concave mirror 202. The brightness unevenness of the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

partial flux of light after division is small as compared with the single flux of light before division. Since each partial flux of light is effectively transmitted to the illuminated field 206 with the 2nd lens array plate 225 and the 3rd lens 223 makes this superimpose, the high lighting of brightness homogeneity is realizable.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] While the homogeneity of brightness is high, the illumination-light study equipment shown in ( drawing 19 ) has the problem that efficiency for light utilization is low, when constraint is prepared in the angles of convergence of the illumination light. This poses a big problem by the time of combining with a big emitter especially. The reason is explained below.

[0010] It is reflected by the concave mirror 202, and incidence of the great portion of light emitted from a lamp 201 is carried out to the 1st lens array plate 221, and it reaches the 2nd lens array plate 222. Therefore, with the 2nd lens array plate 222, if there is no loss of light, it turns out that the great portion of light emitted from a lamp 201 arrives at the illuminated field 206. That is, it mainly depends for the efficiency for light utilization of the whole illumination-light study equipment on the amount of loss of the light in the 2nd lens array plate 222.

[0011] By the way, on the 2nd lens array plate 222, the real image of an emitter 203 is formed with a concave mirror 202 and the 1st lens 224. Then, if a bigger real image than opening of the 2nd lens 225 is formed, the light which is not transmitted effective in the illuminated field 206 will occur, optical loss will arise, and the efficiency for light utilization of illumination-light study equipment will fall.

[0012] On the other hand, since the magnitude of the real image on the 2nd lens array plate 222 is decided by magnitude of an emitter 203, it is desirable to use the small lamp of an emitter from the field of efficiency for light utilization. For example, in the case of a metal halide lamp, generally, it is emitter length equivalent to 5-10mm by the short arc type of 150W - 250W. If emitter length is shortened in the case of a metal halide lamp, since a luminescence property and a lamp life will be reduced extremely, there is a problem. This is the same also about a halogen lamp.

[0013] On the other hand, in order to reduce optical loss, it is possible that the configuration of optical system enlarges only the 2nd lens array plate, without changing. In this case, the angles of convergence of the illumination light on an illuminated field become large, and the problem described below arises as illumination-light study equipment used for a projection mold display.

[0014] If the angles of convergence of the illumination light become large, the angle of divergence of the light which carries out outgoing radiation from a light valve will become large. Consequently, although it will be necessary to condense using the bright projection lens of the f number, the bright projection lens of the f number has a greatly expensive effective diameter, and it becomes difficult to constitute compact projection optical equipment.

[0015] Furthermore, generally according to the incident angle of light, as for the light valve using a polarization property, an optical property changes. For example, in a liquid crystal panel, if the angles of convergence of the illumination light become large, the contrast of a display image will fall. For this reason, the f number of the projection lens which can be used practically has constraint.

[0016]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned trouble the illumination-light study equipment of this invention An emitter, a condensing means to change the synchrotron orbital radiation of said emitter into the single flux of light, and the 1st lens array that arranged two or more 1st lenses which have the opening configuration of abbreviation identitas in the shape of-dimensional [ 2 ], It has the 2nd lens array which arranged two or more 2nd lenses which make said 1st lens and pair in the shape of-dimensional [ 2 ]. Said 1st lens array makes the partial flux of light concerned converge most near the opening of said 2nd lens which corresponds while dividing into two or more partial flux of lights the single flux of light which carried out outgoing radiation of said condensing means. Said 2nd lens array makes each of two or more partial flux of lights which carry out incidence to this transmit and superimpose on an illuminated field. It is characterized by each of said 2nd lens having bigger opening than the cross section which the partial flux of light concerned which carries out incidence to these converged most, making each of said 2nd lens close, arranging it, and making it approximate the circular region with the smallest possible service area of said 2nd lens array.

[0017] Furthermore, the illumination-light study equipment of this invention can be used for the projection mold display which uses a light valve.

[0018]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Function] According to the above-mentioned configuration, the single flux of light which carried out outgoing radiation of the condensing means, and carried out incidence to the 1st lens array is divided into two or more partial flux of lights of the 1st lens and the same number. Even if the single flux of light before division has large brightness unevenness at this time, there is comparatively little brightness unevenness of each partial flux of light after division.

[0019] Next, incidence of two or more partial flux of lights which carried out outgoing radiation of the 1st lens is carried out to the 2nd lens with which it corresponds on the 2nd lens array. Since the 2nd lens array transmits two or more partial flux of lights to an illuminated field and each is made to superimpose, the illumination light excellent in the homogeneity of brightness can be obtained. However, the 2nd lens array changes effectively the opening configuration of a part of [ at least ] 2nd lens, and constitutes it. The thing which has a concretely large distance of the corresponding opening core of the 1st lens and the corresponding optical axis of a condensing means about a part of [ at least ] 2nd lens makes the opening area small relatively. Furthermore, each 2nd lens is made close, it arranges suitably, and the 2nd lens array of the opening configuration which approximates the circle of the smallest possible area is constituted. Thereby, each 2nd lens can make small total of the opening area of the 2nd lens array, offering sufficient opening to the cross section of the corresponding partial flux of light.

[0020] Consequently, the illumination-light study equipment of this invention offers the illumination light with small angles of convergence with high efficiency for light utilization with the homogeneity of the outstanding brightness. Furthermore, using the illumination-light study equipment of this invention, it is bright and the compact projection mold display which presents the projection image excellent in the homogeneity of brightness can be realized.

[0021]

[Example] Hereafter, the example of this invention is stated to a detail, referring to a drawing.

[0022] ( Drawing 1 ) is the block diagram showing the first example of the illumination-light study equipment of this invention. For an emitter and 3, as for the 1st lens array plate and 5, a parabolic mirror and 4 are [ 1 / a metal halide lamp and 2 / the 2nd lens array plate and 6 ] illuminated fields. 7 is the main optical axis of illumination-light study equipment, and results [ from an emitter 2 ] in core 6a of an illuminated field through core 4a of the service area of the 1st lens array plate 4, and core 5a of the service area of the 2nd lens array plate 5. However, the main optical axis 7 and the symmetry axis of rotation inversion of a parabolic mirror 3 are in agreement. Let the illuminated field 6 be the effective viewing area of light valves, such as a liquid crystal panel.

[0023] Generally, a metal halide lamp 1 forms the emitter 2 near a cylindrical shape. The direction of a major axis of an emitter 2 and the direction of the main optical axis 7 are made in agreement, and the center of gravity is located near the focus of a parabolic mirror 3. Therefore, the main optical axis 7 and a light near in parallel carry out incidence to the 1st lens array plate 4. Strictly, the light emitted from the focus of a parabolic mirror 3 carries out incidence in parallel with the main optical axis 7.

[0024] An example of the configuration of the 1st lens array plate 4 is shown in ( drawing 2 ). The 1st 18 lenses 10 of rectangle opening which are the illuminated field 6 and a similarity configuration are arranged. The notation of a-r in drawing shows correspondence relation with the example of a configuration of the 2nd lens array plate 5 mentioned later. The 1st lens 10 is a plano-convex lens altogether, and the convex was turned to the parabolic mirror 3 side, and it arranges it.

[0025] All openings of the 1st lens 10 are the same configurations, and are rectangle opening of an aspect ratio 4:3. This is taken as the similarity configuration to the illuminated field 6 supposing the case where the liquid crystal panel which displays TV image of NTSC is illuminated. The 1st lens 10 is arranged so that total of opening may approximate a round shape according to the cross-section configuration of the flux of light which carries out outgoing radiation from a parabolic mirror 3. Core 4a of the service area of the 1st lens array plate 4 is the core of a circle that the 1st 18 lens 10 is inscribed in, and the main optical axis 7 passes this core 4a. Here, similitude ratio [ as opposed to opening of the 1st lens of the number of partitions N and an illuminated field for the number of the 1st lens ] is defined as the scale factor M of the 2nd lens here, and it quotes in the explanation about all the examples described below.

[0026] An example of the configuration of the 2nd lens array plate 5 is shown in ( drawing 3 ). The 1st lens 10 and the 2nd 18 lens 15 of the same number were made close, and it has arranged. The notation of a' in drawing -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

r' shows correspondence relation with the 1st lens 10 shown in ( drawing 2 ). The 2nd lens 15 was altogether used as the plano-convex lens, and the convex was turned to the illuminated field 6 side, and it arranges it.

[0027] Based on the above configuration, the procedure and the description of lighting in the first example of the illumination-light study equipment of this invention are explained. A parabolic mirror 3 condenses the light emitted from an emitter 2, and forms the single flux of light in alignment with the main optical axis 7. Luminous density is high and this single flux of light has brightness unevenness as large as [ near the main optical axis 7 ]. The single flux of light which carried out incidence to the 1st lens array plate 4 is divided into the 18 partial flux of lights by the 1st 18 lens 10. As compared with the original single flux of light, as for each partial flux of light after division, brightness unevenness becomes small. The 1st lens 10 completes each partial flux of light most near the opening of the 2nd lens 15 while leading the corresponding partial flux of light to opening of the 2nd corresponding lens 15.

[0028] The 2nd lens 15 expands the corresponding partial flux of light to suitable magnitude, and piles it up on the illuminated field 6. Only a scale factor M is expanded and the flux of light of the cross-section configuration concretely based on opening of the 1st corresponding lens 10 is made to draw and superimpose on the illuminated field 6. Since opening of the 1st lens 10 is made into the illuminated field 6 and the similarity configuration, the flux of light cross-section configuration of the illumination light and the configuration of the illuminated field 6 are in agreement, and it becomes advantageous in respect of efficiency for light utilization.

[0029] Since the illumination-light study equipment of this invention divides the big single flux of light of brightness unevenness into the small partial flux of light of brightness unevenness and is making this superimpose on an illuminated field, it has the description that the lighting excellent in the homogeneity of brightness is realizable.

[0030] On the other hand, in order to obtain the bright illumination light, without enlarging power consumption of a lamp, it is important to constitute illumination-light study equipment with high efficiency for light utilization. It is condensed by the parabolic mirror 3, and incidence of the great portion of light emitted from the emitter 2 is carried out to the 1st lens array plate 4, and it reaches the 2nd lens array plate 5. Therefore, if there is little loss of the light in the 2nd lens array plate 5, it turns out that the great portion of light emitted from an emitter 2 arrives at the illuminated field 6 effectively. Then, sufficient magnitude, then very high efficiency for light utilization are realizable to each cross section of the partial flux of light which passes it for each opening of the 2nd lens 15.

[0031] On the other hand, if each opening of the 2nd lens 15 is enlarged, the service area of the 2nd lens array plate 5 will become large, and the problem that the angles of convergence of the illumination light which illuminates the illuminated field 6 increase is produced. That is, when the maximum f number of the illumination light becomes small and illuminates a light valve using this illumination-light study equipment, in order to condense the illumination light efficiently, it is necessary to combine with the small projection lens of the f number.

[0032] On the other hand, the 2nd lens array plate 5 shown in ( drawing 3 ) offers an example of each opening configuration of the 2nd lens 15 which can realize high efficiency for light utilization, and an example of those arrays, without enlarging the angles of convergence of the illumination light not much. Generally, the magnitude of the cross section which each partial flux of light which carries out incidence to the 2nd lens array plate 5 converged most becomes irregular reflecting brightness unevenness. Then, if each opening of the 2nd lens 15 is changed effectively, required sufficient opening can be given also to which the partial flux of light. In this case, allowances may be given to each opening in consideration of the arrangement error of optical system etc. Each of the 2nd lens 15 is made close to coincidence as much as possible, it arranges to it, and the smallest possible circular region is made to approximate the service area of the 2nd lens array plate 5 to it.

[0033] Consequently, not each opening of the 2nd lens 15 changed effectively produces the big loss also about which the partial flux of light which passes each opening. Since the service area of the 2nd lens array 5 can be made small, the illumination light with small angles of convergence can be formed in coincidence, without reducing efficiency for light utilization not much. Therefore, angles of convergence can form the small illumination light with little brightness unevenness with high efficiency for light utilization, and the illumination-light study equipment of this invention can acquire very big effectiveness.

[0034] Next, it supplements about opening of the 2nd lens using ( drawing 4 ). ( drawing 4 ) -- especially -- 1st lens 10f and the 2nd -- paying attention to the combination of lens 15f, only the element related from an emitter

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2 in accordance with the path which reaches parabolic mirror 3 and 1st lens 10f and 2nd lens 15f and the illuminated field 6 is described.

[0035] The focal distance of dW and a parabolic mirror 3 for dL and a size (the direction of a minor axis) P, [ the die length (the direction of a major axis) of an emitter 2 ] a 1st lens 10f focal distance -- F1 and the 2nd -- the focal distance of lens 15f -- F2, and 1st lens 10f and the 2nd -- the distance in alignment with the main optical axis 7 of lens 15f -- X1 and the 2nd -- the distance in alignment with the main optical axis 7 of lens 15f and the illuminated field 6 is kept from from [ X]. the outgoing radiation from the focus 21 of a parabolic mirror 3 -- carrying out -- the 1st lens 10f opening core 22 and the 2nd -- pass the opening core 23 of lens 15f -- the fill-in flash shaft 25 of the lens system to which its attention is paid is set as the path which met the beam of light which reaches the core 24 of the illuminated field 6. However, the angle which 1st lens 10f, fill-in flash shaft 25a between 2nd lens 15f, and the main optical axis 7 make, the -- the angle which fill-in flash shaft 25b between 2 lens 15f and the illuminated fields 6 and the main optical axis 7 make -- it can also creep -- being small -- regarding -- 1st lens 10f and the 2nd -- the [ in alignment with fill-in flash shaft 25a of lens 15f / die length and ] -- the die length in alignment with fill-in flash shaft 25b between 2 lens 15f and the illuminated fields 6 considers that it is equal to X1 and X2, respectively.

[0036] The light which the focal distance's [ 1st lens 10f ] F1 corresponded with Xone, and carried out outgoing radiation from the focus 21 of a parabolic mirror 3 and which carried out incidence to 1st lens 10f in parallel with the main optical axis 7 crosses the fill-in flash shaft 25 on 2nd lens 15f. That is, the real image 26 of an emitter 2 is formed on 2nd lens 15f of a parabolic mirror 3 and work of 1st lens 10f. the 2nd -- lens 15f -- 1st lens 10f -- the real image 28 of the upper body 27 is formed on the illuminated field 6. However, a scale factor M is decided from the similitude ratio of the illuminated field 6 and 1st lens 10f opening, and becomes equal about at the ratio of X1 and X2.

[0037] 1st lens 10f -- the 2nd -- the near opening core 23 of lens 15f -- the real image 26 of an emitter 2 -- forming -- the 2nd -- lens 15f needs to make the light which carried out outgoing radiation from the 1st lens 10f opening core 22 arrive at the core 24 of the illuminated field 6 then, 1st lens 10f and the 2nd -- eccentricity of lens 15f is carried out suitably. concrete -- for example, a 1st lens 10f shaft for rotation extension-top -- the 2nd -- eccentricity of the 1st lens 10f is carried out so that the opening core 23 of lens 15f may be located. the 2nd -- the center of curvature of lens 15f is located on the straight line which connects the 1st lens 10f opening core 22 and the core 24 of the illuminated field 6 -- as -- the 2nd -- eccentricity of lens 15f is carried out.

[0038] the 2nd from the above configuration -- if the real image 26 of an emitter 2 is small as compared with opening of lens 15f -- 1st lens 10f and the 2nd -- efficiency for light utilization high about the partial flux of light which passes lens 15f is acquired. Therefore, if magnitude of the real image of the emitter 2 which each 1st lens 10 makes is clarified, the opening configuration of each 2nd lens 15 will be made to required sufficient configuration with little loss.

[0039] ( Drawing 5 ) shows only 1st lens 10f to which its attention is paid on the 1st lens array plate 4. 1st lens 10f height H is defined as height to the main optical axis 7 based on [ 22 ] openings. The definition of height H at the time of developing to two dimensions is illustrated to inside ( drawing 4 ). Furthermore, the directions U and V which intersect perpendicularly mutually are defined on the 1st lens array plate 4. When the circle centering on intersection 4a with the main optical axis 7 is considered, U is equivalent to radial [ the ] and V is equivalent to the circumferencial direction. Direction U is the direction of height H about 1st lens 10f to which its attention is paid.

[0040] the 2nd to which its attention is paid to ( drawing 6 ) on the 2nd lens array plate 5 -- an example of 26f of emitter images made there is indicated to be only lens 15f. The directions U and V defined on the 1st lens array plate 4 are copied and considered on the 2nd lens array plate 5. In accordance with radial [ on the 2nd lens array plate 5 / U ], direction dW of size' of die-length direction dL [ of 26f of emitter images ]' corresponds with the direction V which intersects perpendicularly with it. Here, KL and scale-factor dW' of direction of size/dW are set to KW for scale-factor dL' of die-length direction/dL.

[0041] ( Drawing 7 ) shows an example of the result of having observed the appearance of all the emitter images 26 made on the 2nd lens array plate 5. A thing small so relatively [ the magnitude of the emitter image 26 is so relatively / that the 1st corresponding lens 10 is located near the main optical axis 7 / large, and ] that it is separated and located from the main optical axis 7 becomes clear.

[0042] ( Drawing 8 ) shows an example of the result of having asked for the relation between height H of the 1st

**THIS PAGE BLANK (USPTO**

lens 10, and the scale factors KL and KW of the emitter image 26. The scale factor KW of the direction of a size decreases in monotone, so that height H increases. The scale factor KL of the die-length direction serves as the maximum in a certain height H0, and if height H increases after that, it will decrease in monotone.

[0043] By the way, when 1st lens 10f has H near the main optical axis 7 small enough in ( drawing 4 ), the emitter image 26 serves as a unique configuration. The die length of the appearance of an emitter 2 approaches 0, and serves as a circularly near emitter image which is the cross-section configuration of the direction of a size. For this reason, in ( drawing 8 ), the scale factor KW of the direction of a size becomes dominant in the field used as height  $H < H_0$ .

[0044] The area of the emitter image on the 2nd lens which corresponds, so that height H of the 1st lens becomes large becomes clear [ becoming small relatively ] from the above thing. Then, even if that in which the 1st corresponding lens is separated and located from the main optical axis makes opening area of the 2nd lens small relatively, loss of light seldom poses a problem.

[0045] This offers the more desirable condition about each opening configuration of the 2nd lens. That is, each 2nd lens 15 can secure required sufficient opening to each emitter image 26 with which height H of the 1st corresponding lens 10 corresponds even if a larger thing makes opening area of the 2nd lens 15 small. In addition, each opening of the 2nd lens 15 is made into a rectangle, for example, and if it arranges so that they may be made close and the circular region of the smallest possible area may be approximated, the service area of the 2nd lens array plate 5 can be made small. Consequently, the illumination-light study equipment of this invention can offer the illumination light angles of convergence excelled [ illumination light ] in the homogeneity of brightness small with high efficiency for light utilization.

[0046] however -- ( -- drawing 7 -- ) -- being shown -- the -- two -- a lens -- an array -- a plate -- five -- an example -- setting -- especially -- e -- ' -- f -- ' -- m -- ' -- n -- ' -- having expressed -- the -- two -- a lens -- 15 -- adjoining -- a lens -- adjustment -- from -- each -- an emitter -- an image -- 26 -- receiving -- the need -- the above -- being large -- opening -- a configuration -- \*\* -- carrying out -- \*\*\*\* . In this case, it is good also considering the field where it is not necessary to consider especially as rectangle opening in, and an emitter image does not exist as a non-lens field.

[0047] In the first example of the illumination-light study equipment of this invention, especially a concave mirror may not be a parabolic mirror. ( Drawing 9 R> 9 ) shows the example in such a case, and the concave mirror 71 uses the ellipsoid mirror. What is necessary is to define suitably the curvature of 1st lens 10' and 2nd lens 15', eccentricity, and an opening configuration, and just to constitute suitably 1st lens array plate 4' and 2nd lens array plate 5' according to the configuration of the ellipsoid mirror 71. What is necessary is to change each opening of 2nd lens 15' suitably to the cross section of the partial flux of light which corresponds also in this case, to make them close, and just to arrange. Consequently, the same effectiveness as \*\*\*\* can be acquired.

[0048] ( Drawing 10 ) shows the example in the case of condensing the light emitted from an emitter 2 using a condenser lens 72 and a spherical mirror 73. Generally, if a condenser lens 72 fully fulfills sine condition, the flux of light with little brightness unevenness can be acquired. However, if it is going to condense the light emitted from an illuminant 2 at high-effectiveness, it is difficult [ it ] to fully fulfill sine condition until it must make the f number of a condenser lens 72 small and results out of a shaft. Also in this case, each opening of 2nd lens 15" is changed suitably, and they can be made close, it can arrange, and the same effectiveness as \*\*\*\* can be acquired.

[0049] It is bright in like near the main optical axis, and it is so dark that any example shown by ( drawing 9 ) and ( drawing 10 ) separates from the main optical axis. [ of an example ] [ of the brightness unevenness of the flux of light which carries out incidence to the 1st lens array plate ] This is the same when condensing optically the synchrotron orbital radiation of the emitter arranged on an optical axis like the configuration described using the parabolic mirror ( drawing 1 ) using the optical system of the symmetry of revolution about an optical axis. In such a case, the magnitude of the emitter image which the 1st lens makes becomes so small that height H of the 1st lens becomes large. Therefore, it is effective to make opening area of the 2nd lens small, so that height H of the 1st corresponding lens becomes large, and to make them close in order to obtain the illumination light with small angles of convergence with high efficiency for light utilization.

[0050] It is more advantageous to use concave mirrors which can condense, such as a parabolic mirror with a large solid angle and an ellipsoid mirror, in order to carry out incidence of the light emitted from an emitter to the 1st lens array plate at high effectiveness. In this case, if the direction of a major axis is arranged in the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



direction of an optical axis of a concave mirror and an emitter is arranged, it is advantageous, when the flux of light near [ optical axis ] the symmetry of revolution can be acquired and the 1st lens array plate and the 2nd lens array plate are designed.

[0051] Although especially the example at the time of using the 1st lens as a plano-convex lens, turning a convex to a light source side, and constituting the 1st lens was described, the effectiveness of this invention is not limited to this configuration. However, if the 1st lens is used as a plano-convex lens, it will become advantageous in respect of cost in the ease of making at the time of the mass production of the 1st lens array. This is the same also about the 2nd lens array plate. Moreover, generating of many aberration can be controlled by turning the convex of the 1st lens 10 to the parabolic mirror 3 side with the high parallelism of the illumination light, and each partial flux of light can be led to opening of the 2nd lens which corresponds efficiently.

[0052] Considering as the configuration which processing of the lens array plate used for the illumination-light study equipment of this invention tends to carry out has an advantage by both sides of cost and mass-production nature. When processing it especially using the general glass pressing method, it is desirable that it is a configuration with little steep level difference section. When each arranges especially the lens which carried out eccentricity, and the lens with which each openings differ in the shape of an array, the effect of the level difference produced in the lens boundary section poses a bigger problem. On the other hand, if the lens boundary section is enlarged and a level difference is made to ease, since the optical loss in the boundary section will increase, there is a problem.

[0053] ( Drawing 11 ) shows an example of the configuration of the 1st lens plate in such a case. However, in ( drawing 11 ), a sectional view [ in / (a), and / in (b) / the A-A' side of (a) ] and (c) are the sectional views in the B-B' side of (a). [ the top view of the 1st lens array plate 83 ] The 1st lens array plate 83 forms the 1st adjoining lens and the adjoining convex lens side of 81 and 82 in an opposite side, for example, and he is trying for the convex lens side of each 1st lens to turn into both sides by turns about a substrate.

[0054] When the 1st lens array plate is made such a configuration, there is an advantage that processing of the lens boundary section becomes easy. Moreover, since the boundary section can be made small, aperture efficiency of a lens array plate can be made high. The configuration of such a lens array plate is effective also about the 2nd lens array plate. Since especially the 2nd lens array plate changes the opening configuration of the 2nd lens respectively and arranges it, bigger effectiveness can be acquired in respect of workability.

[0055] If it is made a configuration as shows the 2nd lens array plate especially to ( drawing 12 ), big effectiveness can be acquired in respect of the workability of a lens array plate. This constitutes the 2nd lens array plate 92, using the Fresnel lens to which eccentricity of each was carried out to opening as the 2nd lens 91. If the 2nd lens 91 is used as a Fresnel lens, it will depend neither on eccentricity nor its opening configuration, but the height of the KOBA section can be fixed. Therefore, the outstanding workability can be acquired while making very small the non-lens field of the lens boundary section. If the 2nd lens 91 which adjoins also in this case is formed in both sides by turns to a substrate, bigger effectiveness will be acquired in respect of workability.

[0056] By the way, it excels in thermal resistance and silicone resin is known as one of the comparatively highly transparent resin ingredients. At least, when either is formed using highly transparent silicone rubber, there is an advantage of the 1st lens array plate used for the illumination-light study equipment of this invention or the 2nd lens array plate described below.

[0057] As stated until now, when it constitutes two or more lenses with which each carries out eccentricity and the directions of each eccentricity or eccentricity differ in the shape of an array, the problem that the difficulty of processing is high arises. It combines and cost also becomes comparatively high. This poses a big problem by the case where the opening configurations of each lens differ. For example, since hot melting glass is used when forming by the glass pressing method, the heat-resistant outstanding metal mold is required. Generally, it is hard to process a metal mold, so that thermal resistance is high, and cost also becomes high.

[0058] For this reason, if a lens array plate can be formed using the matrix which consists of a heat-resistant low ingredient, there is an advantage from both sides of workability and cost. Generally the raw material of the silicone rubber known as a 2 liquid type is liquefied, and since the many can be stiffened in the process under ordinary temperature, they are effective. Even when accompanied by heating, it is good at heating before and behind 100-degreeC. Moreover, after hardening is extremely stable and thermal resistance and an atmospheric

**THIS PAGE BLANK (USPTG.**

corrosion resistance are also excellent. Specifically, KE106 and KE108 of Shin-Etsu Chemical Co., Ltd. can be used. KE106 is hardened by the addition reaction and hardens KE108 by the condensation reaction.

[0059] Thereby, when using a metal mold, it is comparatively cheap and brass excellent also in workability can be used. What is necessary is just to galvanize nickel, chromium, etc., when a mirror plane is required of a lens side. Moreover, the approach of taking a mold from a pattern and forming a matrix is also effective. For example, two or more plano-convex lenses with the opening configuration of the arbitration which carried out eccentricity to arbitration can be joined, the pattern of a lens array plate can be prepared, and a matrix can be taken by the casting method using a suitable resin ingredient.

[0060] In any case, the processed matrix can be made to be able to pour in and harden a liquefied silicone rubber ingredient, a lens array plate can be formed at the comparatively easy processing method and cheap cost, and big effectiveness can be acquired. In this case, it can respond to the mass production of a few lot by preparing two or more matrices.

[0061] In the example described above, the opening configuration of the 1st lens was explained as an illuminated field and a similarity configuration. Since this can double with the configuration of an illuminated field the cross-section configuration of the flux of light which illuminates an illuminated field, it is effective in respect of efficiency for light utilization. However, especially the effectiveness of this invention does not depend on the opening configuration of the 1st lens, and it is not necessary to necessarily make it into an illuminated field and a similarity configuration.

[0062] Moreover, the configuration of emitter, concave mirror, 1st lens, 2nd lens, 1st lens array plate, and 2nd lens array plate \*\*, a configuration, especially physical relationship, etc. do not need to fill strictly the relation described above. You may change suitably so that the light which illuminates an illuminated field may fill the predetermined engine performance. The effect of many aberration which gives at least one of either of the optical surfaces of the 1st lens and the 2nd lens especially to an aspheric surface configuration, then the illumination light can be reduced, and efficiency for light utilization can be raised further.

[0063] Especially a lamp does not need to be a metal halide lamp. A halogen lamp, a KISONON lamp, etc. may be used for others. However, the metal halide lamp is excellent in luminous efficiency and a color reproduction property, while an emitter is large as compared with other lamps. Since the illumination-light study equipment of this invention can acquire such bigger effectiveness that the large lamp of an emitter is used, if a metal halide lamp is used, it can realize more excellent illumination-light study equipment.

[0064] Next, the first example at the time of constituting a projection mold display using the illumination-light study equipment of this invention is described using ( drawing 13 ). 50 is the same illumination-light study equipment as what was shown in ( drawing 1 ). In 51, the twist pneumatic liquid crystal panel of a transparency mold and 52 express a projection lens, and 53 expresses a screen. The projection lens 52 uses the projection lens of a tele cent rucksack.

[0065] Illumination-light study equipment 50 illuminates effective viewing-area 51a of a liquid crystal panel 51 by the illumination light which was brightly excellent in homogeneity based on the above-mentioned operation. And since the service area of the 2nd lens array plate 5 can be made small, without enlarging optical loss, the angles of convergence of the light which illuminates a liquid crystal panel 51 are small. For this reason, comparatively, using the big projection lens 52 of the f number, it is bright and the outstanding projection image of the homogeneity of brightness can be offered. Moreover, the high projection image of contrast can be realized, without being influenced not much of the angle-of-visibility property of a liquid crystal panel 51, since the angles of convergence of the illumination light are small. Consequently, the projection mold display which excelled [ high definition ] in efficiency for light utilization can be realized, and there is very big effectiveness.

[0066] A concrete numeric value is mentioned and the effectiveness in one example of the following, the illumination-light study equipment of this invention used and described, and a projection mold display is explained.

[0067] Effective viewing areas are 80mm of diagonal length, and an aspect ratio 4:3, using an active-matrix-type twist NEMATEKKU liquid crystal panel as a liquid crystal panel 51. The number of partitions N of illumination-light study equipment 50 set to 18, and set the scale factor M to 3.2. Using the thing of 250W, the effective length dL of an emitter 2 is about 6mm, a metal halide lamp 1 is about 3mm, and, as for the effective size dW, the parabolic mirror 3 used the thing with a focal distance [ of 12mm ], and an outgoing radiation opening diameter of 100mm.

**THIS PAGE BLANK (USPTO**

[0068] The 1st lens 10 was used as 25mm of vertical angles, and rectangle opening of an aspect ratio 4:3, and formed the 1st lens array plate 4 based on the example of a configuration shown in ( drawing 2 ). Moreover, the spacing X1 of the 1st lens array plate 4 and the 2nd lens array plate 5 was set to about 280mm, and the focal distance F1 of the 1st lens 10 set [ the spacing X2 of about 90mm, the 2nd lens array plate 5, and a liquid crystal panel 51 ] altogether the focal distance F2 of 90mm and the 2nd lens 15 to 67mm.

[0069] Forming the 2nd lens array plate 5 based on the example of a configuration shown in ( drawing 3 ), the 2nd lens 15 gave the opening length of (Table 1) about what was expressed with a' - r', respectively. However, it is horizontally equivalent to the longitudinal direction of a liquid crystal panel 51, and perpendicularly equivalent to the lengthwise direction of a liquid crystal panel 51.

[0070]

[Table 1]

第 2 レンズ開口長の数値例

第 2 レンズ記号	水平方向開口長	垂直方向開口長
a'、c'、p'、r'	1 0 mm	1 0 mm
b'、q'	6 mm	1 2 mm
d'、g'、l'、o'	1 2 mm	1 0 mm
e'、f'、m'、n'	2 0 mm	1 7 mm
h'、k'	1 1 mm	1 2 mm
i'、j'	2 3 mm	1 2 mm

[0071] According to the above configuration, the radius of the circle in which opening of the 2nd lens array plate 5 is inscribed was set to 35mm, and the illuminance of a maximum of 2,500,000 lx was measured by the illumination light of about 14 maximum angles of convergence on the liquid crystal panel 51. Next, the place and the maximum illuminance of about 1000 lx which measured the brightness of the projection image on the 40 inches screen 53 were obtained using the thing equivalent to F4 as a projection lens 52. To coincidence, the homogeneity of brightness was very good, and the illuminance ratio of the darkest place and a bright place was about 60%.

[0072] In order to carry out comparison verification of the effectiveness of this invention with the former, the 2nd lens array plate 60 shown in ( drawing 14 ) was constituted. The 2nd lens 61 is the same opening configuration altogether with the 1st lens 10, and was concretely made into the rectangle of 25mm of vertical angles, and an aspect ratio 4:3. In addition, it arranged by the same technique as the 1st lens 10. With the configuration same as a 1st lens array plate corresponding to this as what was shown in ( drawing 2 ), eccentricity of the 1st lens was carried out respectively, and there is and it carried out the thing configuration. [ no ] However, the focal distance of each lens was not changed, but eccentricity of the 2nd lens 61 was suitably carried out so that each partial flux of light might be made to superimpose effectively. The same experiment was conducted using two lens array plates described above, the same lamp, the same parabolic mirror, and the same liquid crystal panel.

[0073] As for those with 45mm, and the maximum angles of convergence of the illumination light, in the 2nd lens array plate 60 shown in ( drawing 10 ), the radius of the circle in which opening is inscribed spread to about 18 degrees. the case where an illuminance is measured using the whole of this illumination light -- a liquid crystal panel 51 top -- 2,300,000 -- the illuminance of lx(es) was obtained. Moreover, as a result of observing the emitter image 62 on the 2nd lens array plate 60, loss of light had generated more greatly than opening of the 2nd corresponding lens 61 some emitter images 62 located near the main optical axis 7. The observation result of the emitter image 62 is typically added to ( drawing 10 R> 0 ).

[0074] On the other hand, the place and the maximum illuminance which measured the brightness on the 40 inches screen 53 using the projection lens of F three-phase-circuit this were about 9000 lx. Furthermore, when a

**THIS PAGE BLANK (USPTO**

projection lens equivalent to the F4 [ same ] as \*\*\*\* was used, the maximum illuminance fell up to about 6000 lx(es).

[0075] From the result described above, the illumination-light study equipment of this invention had small angles of convergence in it being also at high efficiency for light utilization, and it has checked forming the illumination light excellent in the homogeneity of brightness. Moreover, the projection mold display of this invention has checked that the projection image excellent in the homogeneity of brightness and brightness could be offered, without generating optical loss not much, even if it was the case where the big projection lens of an F value was used. In addition, when a liquid crystal panel was used as a light valve and the projection lens of F4 was used as compared with the projection lens of F3, that the high display of contrast is realizable has checked from the feeling evaluation of \*\*.

[0076] Next, other examples of the projection mold display of this invention are described. ( Drawing 15 ) is an example of a configuration in the case of realizing a full color projection mold display using the liquid crystal panels 101, 102, and 103 of three sheets corresponding to the three primary colors of R, G, and B. It consists of a metal halide lamp 1, a parabolic mirror 3, the 1st lens array plate 4, the 2nd lens array plate 5, a cold mirror 104, the UV-IR cut-off filter 105, the color-separation dichroic mirrors 106 and 108, the FIRUDO lenses 113, 114, and 115, liquid crystal panels 101, 102, and 103, color composition dichroic mirrors 109 and 110, cuff mirrors 107 and 111, and a projection lens 112. The lamp 1, the parabolic mirror 3, the 1st lens array plate 4, and the 2nd lens array plate 5 are the same as that of what was shown in ( drawing 1 ).

[0077] A cold mirror 104 and the UV-IR cut-off filter 105 are used in order to remove an unnecessary heat ray and ultraviolet rays from the illumination light. The color-separation dichroic mirrors 106 and 108 design a light reflex property suitably that much, and decompose the illumination light into the three primary colors of R, G, and B. The decomposed illumination light in three primary colors illuminates the liquid crystal panels 101, 102, and 103 driven with the video signal corresponding to R, G, and B, respectively. Liquid crystal panels 101 and 102 and the optical image of R, G, and B made on 103 are compounded with the color composition dichroic mirrors 109 and 110, and expansion projection of the color picture is carried out on a screen with the projection lens 112. The field lenses 113, 114, and 115 are used in order to make the illumination light reach effectively in the entrance pupil of the projection lens 112.

[0078] Also in the configuration shown in ( drawing 15 ), the illumination-light study equipment of this invention can realize the illumination light which excelled [ efficiency for light utilization / high ] in homogeneity, and since the angles of convergence of the illumination light are small, the big projection lens of an F value can be used for it, and very big effectiveness is acquired. As a result, it is bright and the compact projection mold display with which the high-definition projection image excellent in homogeneity is obtained can be realized.

[0079] Moreover, the configuration shown in ( drawing 15 ) shows the configuration which can make the same each of three optical path lengths to liquid crystal panels 101, 102, and 103 from the 2nd lens array plate 5. Since this can all illuminate the liquid crystal panel of three sheets corresponding to the three primary colors on the same conditions using one lamp, one concave mirror, the one 1st lens array plate, and the one 2nd lens array plate, when performing the display excellent in the homogeneity of brightness and a color, it is excellent. Moreover, there is an advantage which can lessen the number of components of the light source section.

[0080] The projection mold display of a configuration of being shown in ( drawing 15 ) can secure spacing which arranges a cold mirror 104 in the optical path between the 1st lens array plate 4 and the 2nd lens array plate 5, and can also consider it as the configuration shown in ( drawing 16 ). It can be made a thereby more compact projection mold display.

[0081] By the way, when it considers as the configuration shown in ( drawing 16 ), bigger effectiveness can be acquired by performing the device described below. The example of the projection mold display in such a case is shown in ( drawing 17 ). The configuration shown in ( drawing 17 ) has added concave lenses 121 and 122 into the optical path of the 2nd lens array plate 5 of a configuration of being shown in ( drawing 16 ), and liquid crystal panels 101, 102, and 103. The reason is explained.

[0082] The optical path length between the 2nd lens array plate 5 and liquid crystal panels 101, 102, and 103 is decided from spacing which can arrange any two sheets, dichroic mirrors 106 and 108 or the clinch mirror 107. Since a set will become large if the optical path length is lengthened beyond the need, there is a problem. On the other hand, the fixed optical path length who arranges a cold mirror 104 is preferably required between the 1st

**THIS PAGE BLANK (USPTO**



lens array plate 4 and the 2nd lens array plate 5. Consequently, fixed constraint is produced in the similitude ratio  $M$  of the opening configuration of the 1st lens, and the effective viewing area of a liquid crystal panel, i.e., the scale factor of the 2nd lens.

[0083] If it transposes to the configuration of ( drawing 4 ), it explains and the optical path lengths  $X1$  and  $X2$  will be decided, a scale factor  $M$  will be restrained as the optical path lengths'  $X1$  and  $X2$  ratio. On the other hand, since a compact set is unrealizable if only opening of a concave mirror 3 is enlarged not much, the number of partitions  $N$  is restrained from constraint of the opening dimension of the 1st lens. Since it is necessary to enlarge the number of partitions  $N$  to some extent in order to acquire the homogeneity of brightness, that the number of partitions  $N$  receives constraint poses a big problem.

[0084] On the other hand, if concave lenses 121 and 122 are used, the number of partitions  $N$  can be enlarged as compared with the case where it does not use. This is because the principal point location by the side of incidence can be moved to the 1st lens 10 side by adding a concave lens to a liquid crystal panel side from the 2nd lens as compared with the case where it does not add. That is, if it transposes to the configuration of ( drawing 4 ) and explains, it will be short in the optical path length  $X1$  equivalent, and the optical path length  $X2$  can be lengthened. Consequently, compact projection optical equipment can be realized, without spoiling the brightness homogeneity of a projection image not much.

[0085] Although the projection optical equipment of each example described above explained the example which used the liquid crystal panel as a light valve, the same effectiveness can be acquired if it is the component which can modulate the illumination light spatially. moreover -- and ( drawing 15 ) ( drawing 16  $R > 6$  ) -- and ( drawing 17 ) especially each example of the shown projection mold display may be a different configuration within limits which do not limit the effectiveness of this invention only to the explained configuration, and do not spoil the effectiveness of this invention.

[0086] Also in which example described above, the illumination-light study equipment of this invention is excellent in brightness homogeneity with high efficiency for light utilization, and can obtain the illumination light with small angles of convergence. Furthermore, when a projection mold indicating equipment is constituted using the illumination-light study equipment of this invention, even if it combines with the big projection lens of the  $f$  number, it can be bright, the compact projection mold indicating equipment excellent in brightness homogeneity can be realized, and very big effectiveness can be acquired.

[0087] Moreover ( drawing 1 ), the effectiveness of this invention in the 1st example used and described is so large that the emitter of the lamp to be used is large, and when especially a metal halide lamp is used, very big effectiveness can be realized.

[0088]

[Effect of the Invention] As stated above, the illumination-light study equipment of this invention can offer the lighting which was excellent in the homogeneity of brightness with high efficiency for light utilization, without enlarging the angles of convergence of the illumination light to an illuminated field. Furthermore, if a projection mold display is constituted using the illumination-light study equipment of this invention, it is bright and the compact equipment which presents the projection image excellent in the homogeneity of brightness can be realized.

---

[Translation done.]

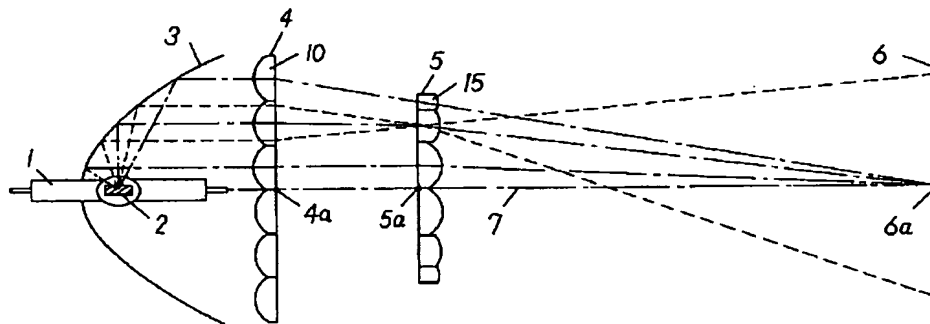
**THIS PAGE BLANK (USPTC**

**JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

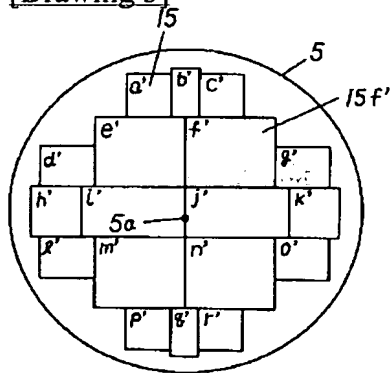
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

[Drawing 1]

- |   |            |    |       |
|---|------------|----|-------|
| 1 | メタルハライドランプ | 6  | 被照明領域 |
| 2 | 発光体        | 7  | 主光軸   |
| 3 | 放物面鏡       | 10 | 第1レンズ |
| 4 | 第1レンズアレイ板  | 15 | 第2レンズ |
| 5 | 第2レンズアレイ板  |    |       |

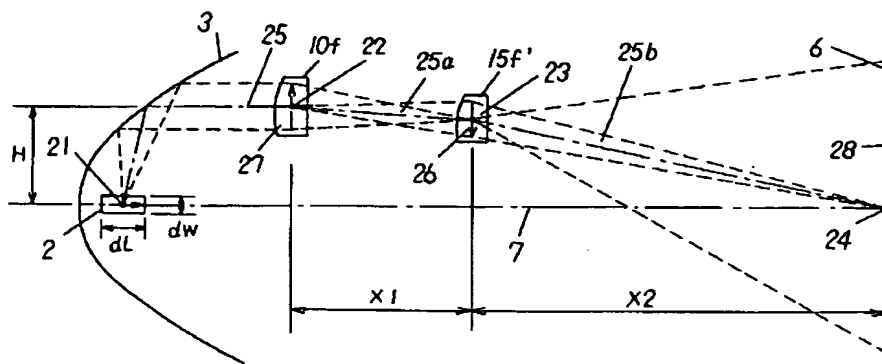


[Drawing 3]

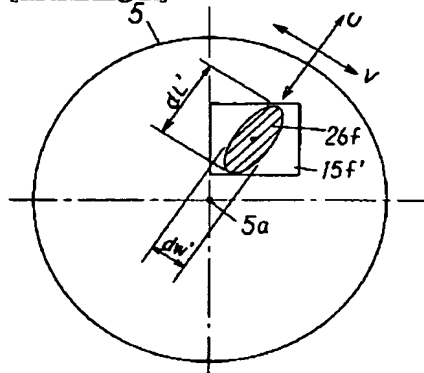


[Drawing 4]

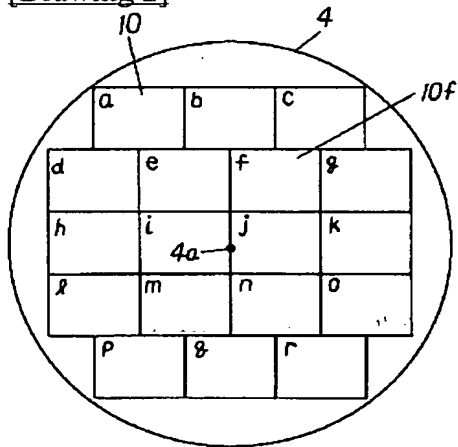
**THIS PAGE BLANK (USPTO**



[Drawing 6]

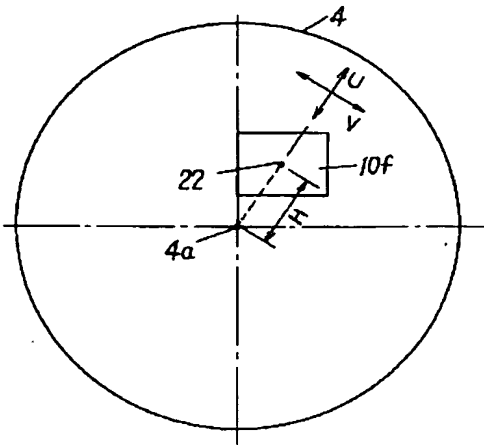


[Drawing 2]

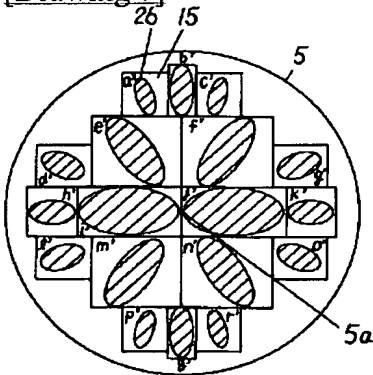


[Drawing 5]

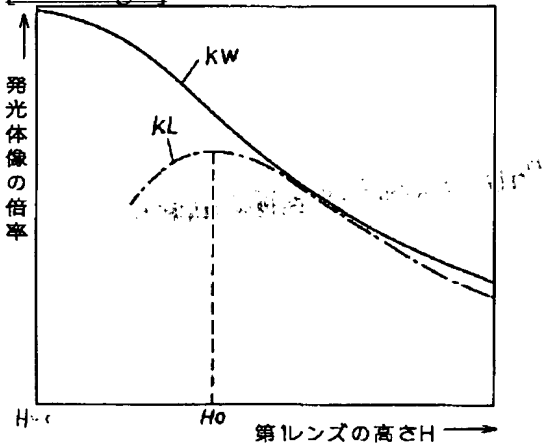
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Drawing 7]



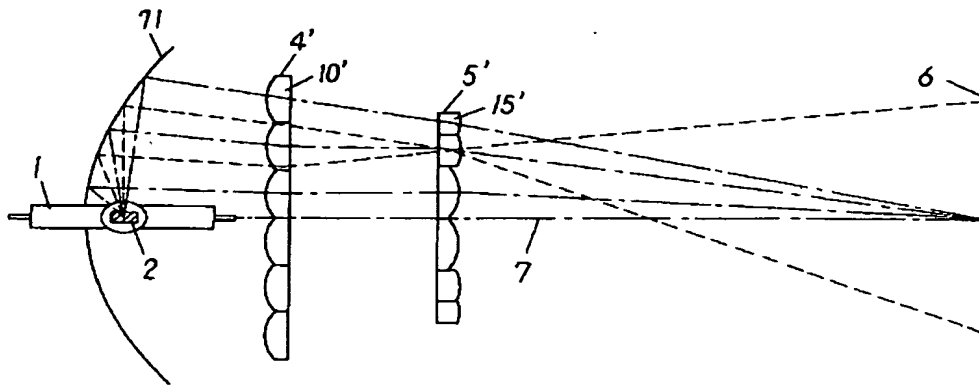
[Drawing 8]



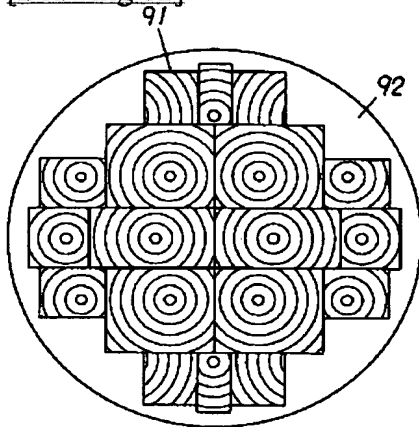
[Drawing 9]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

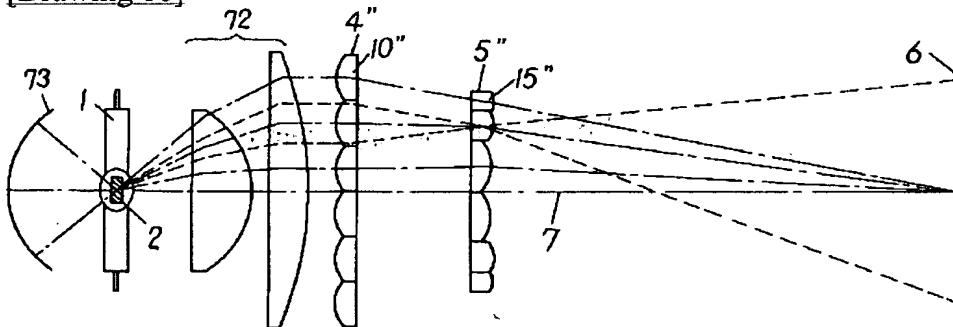




[Drawing 12]

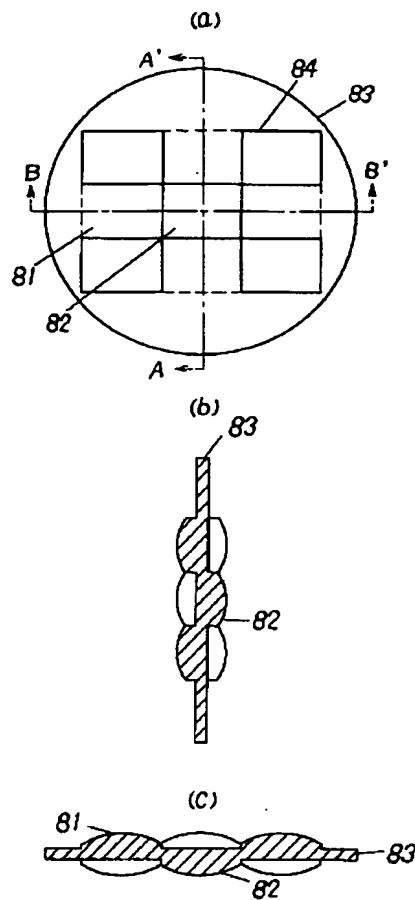


[Drawing 10]

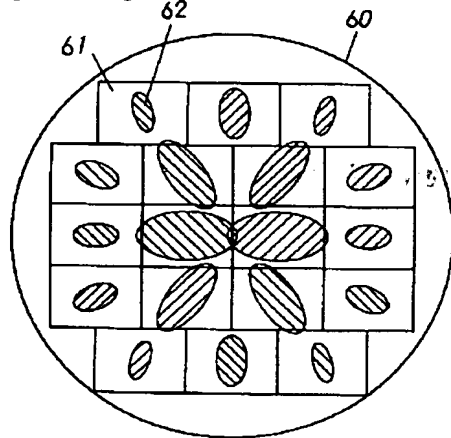


[Drawing 11]

**THIS PAGE BLANK (USPTO**

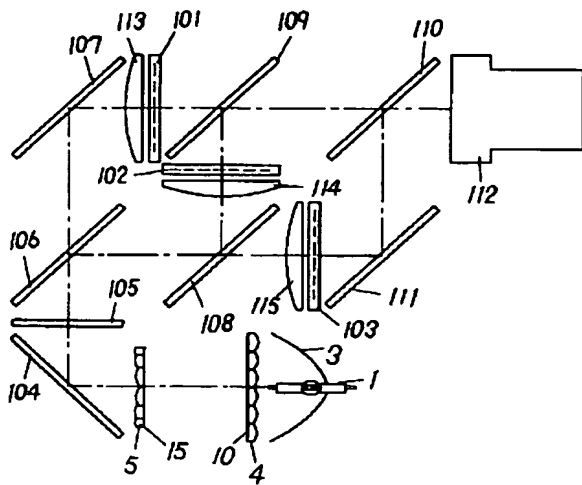


[Drawing 14]

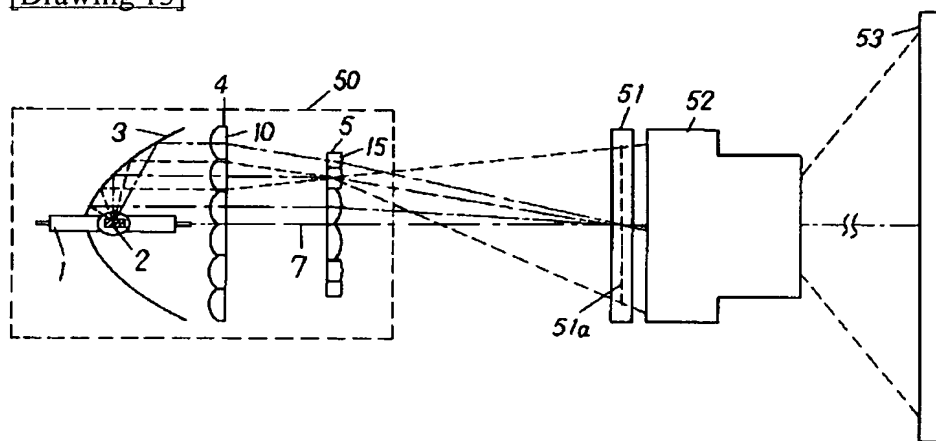


[Drawing 15]

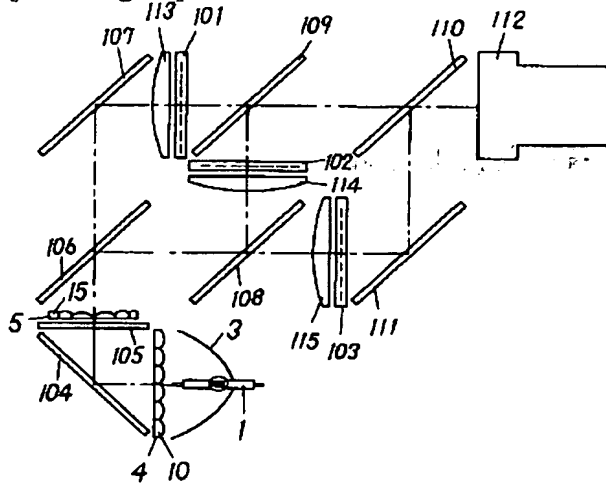
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Drawing 13]

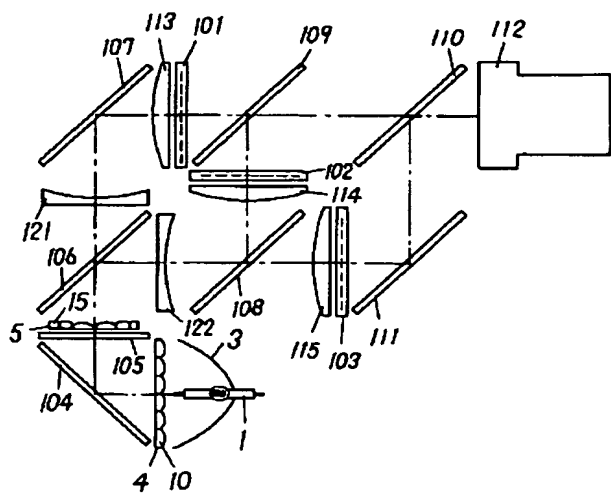


[Drawing 16]

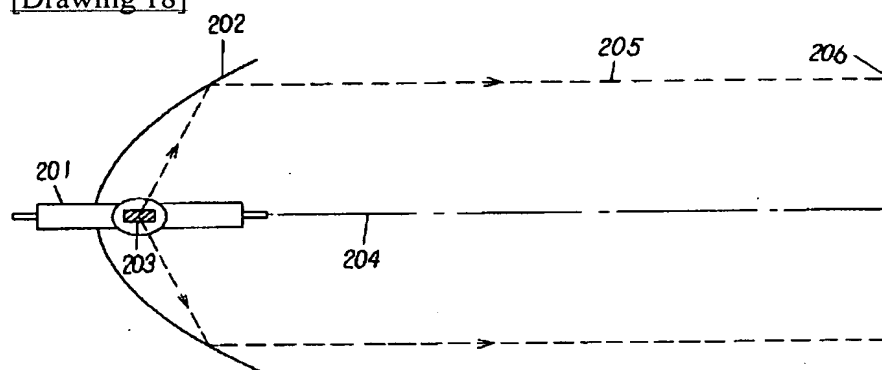


[Drawing 17]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[Drawing 18]



[Drawing 19]

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-346557

(43)公開日 平成5年(1993)12月27日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

G 0 2 B 27/00

V 9120-2K

G 0 2 F 1/13

5 0 5

7348-2K

審査請求 未請求 請求項の数18(全 18 頁)

(21)出願番号 特願平4-311736

(22)出願日 平成4年(1992)11月20日

(31)優先権主張番号 特願平4-76694

(32)優先日 平4(1992)3月31日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 枅本 吉弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

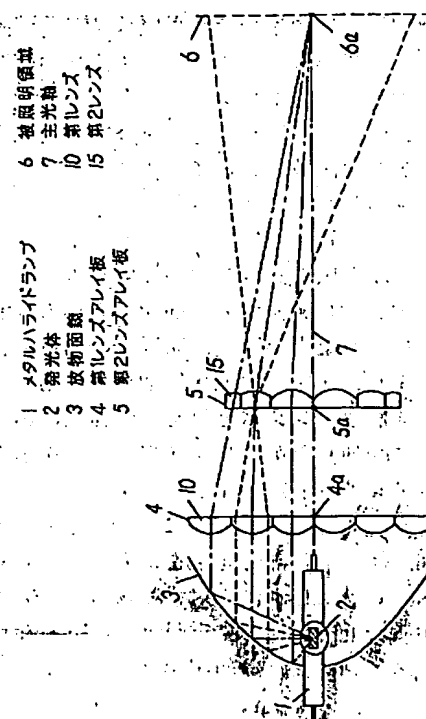
(74)代理人 弁理士 小銀治 明 (外2名)

(54)【発明の名称】 照明光学装置とそれをを用いた投写型表示装置

(57)【要約】

【構成】 放物面鏡3から出射する単一光束を第1レンズアレイ4が第1レンズ10と同数の部分光束に分割する。第2レンズアレイ5は、第2レンズ15の働きにより各部分光束を被照明領域6上に伝達して重畳させる。ただし、第2レンズ15は対応する第1レンズ10の開口中心と主光軸7との距離が大きいものほど、その開口面積を相対的に小さくする。

【効果】 明るさむらの大きな単一光束を明るさむらの小さな部分光束に分割し、これを被照明領域上に重畳させるので、明るさ均一性の高い照明を実現できる。更に、第2レンズの各々は、これを通過する部分光束の断面積に対しおよそ必要十分な開口を提供するので、光損失を生じることなく従来より開口の小さな第2レンズアレイを構成し、高い光利用効率で集中角の小さな照明を実現できる。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第1レンズを二次元状に配列した第1レンズアレイと、前記第1レンズと対をなす複数の第2レンズを二次元状に配列した第2レンズアレイとを備え、前記第1レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第2レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第2レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、前記第2レンズの各々はこれらに入射する当該部分光束の最も収束した断面よりも大きな開口を有し、前記第2レンズの各々を密接させて配列し前記第2レンズアレイの有効領域ができるだけ小さな円領域を近似するようにしたことを特徴とする照明光学装置。

【請求項2】第1レンズについて各々の開口中心と集光手段の光軸との距離を高さHと表した場合に、少なくとも一部の第2レンズについて、対応する前記第1レンズの高さHが大きいもののほど前記第2レンズの有効開口面積を相対的に小さくしたことを特徴とする請求項1記載の照明光学装置。

【請求項3】集光手段は主として凹面鏡から成り、発光体の長軸方向と前記集光手段の光軸を略同一方向とする請求項1記載の照明光学装置。

【請求項4】第1レンズは凸面を入射側に向けた平凸レンズである請求項1記載の照明光学装置。

【請求項5】第1レンズまたは第2レンズの少なくとも一方の光学面を非球面とした請求項1記載の照明光学装置。

【請求項6】第1レンズの開口は所定の被照明領域の形状と略相似形状である請求項1記載の照明光学装置。

【請求項7】第1レンズアレイと第2レンズアレイの間の光路中に折り返しミラーを備え、前記第2レンズアレイと被照明領域の間の光路中に凹レンズを備えた請求項1記載の照明光学装置。

【請求項8】発光体はメタルハライドランプにより形成される請求項1記載の照明光学装置。

【請求項9】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第1レンズを二次元状に配列した第1レンズアレイと、前記第1レンズと対をなす複数の第2レンズを二次元状に配列した第2レンズアレイとを備え、前記第1レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第2レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第2レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、少なくとも前記第1レンズアレイまたは前記第2レンズアレイのいずれか1つは、基板の両面に略交互に凸レンズを形成したレンズ

2

アレイであることを特徴とする照明光学装置。

【請求項10】第1レンズまたは第2レンズの少なくとも一方の光学面を非球面とした請求項9記載の照明光学装置。

【請求項11】第1レンズの開口は所定の被照明領域の形状と略相似形状である請求項9記載の照明光学装置。

【請求項12】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第1レンズを二次元状に配列した第1レンズアレイと、前記第1レンズと対をなす複数の第2レンズを二次元状に配列した第2レンズアレイとを備え、前記第1レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第2レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第2レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、前記第2レンズアレイは各々がフレネルレンズである第2レンズから成ることを特徴とする照明光学装置。

【請求項13】第2レンズアレイは第2レンズを成すフレネルレンズ面を基板の両面に略交互に形成したレンズアレイである請求項12記載の照明光学装置。

【請求項14】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第1レンズを二次元状に配列した第1レンズアレイと、前記第1レンズと対をなす複数の第2レンズを二次元状に配列した第2レンズアレイとを備え、前記第1レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第2レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第2レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、少なくとも前記第1レンズアレイまたは前記第2レンズアレイのいずれか1つは、透光性シリコンゴムにより形成されることを特徴とする照明光学装置。

【請求項15】発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第1レンズを二次元状に配列した第1レンズアレイと、前記第1レンズと対をなす複数の第2レンズを二次元状に配列した第2レンズアレイと、少なくとも1つのライトバルブと、前記ライトバルブ上の光学像をスクリーン上に拡大投写する投写光学系とを備え、前記第1レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第2レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第2レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を前記ライトバルブの有効表示領域上に伝達して重畳せしめ、前記投写光学系は前記ライトバルブを出射した光を前記スクリーン上に有効に到達せしめ、前記第2レンズの各々はこれらに入射する当該部分光束の最も収束した断面よりも大きな開口を有し、前記第2レンズの各々を

(3)

密接させて配列し前記第2レンズアレイの有効領域ができるだけ小さな円領域を近似するようにしたことを特徴とする投写型表示装置。

【請求項16】ライトバルブは液晶パネルである請求項15記載の投写型表示装置。

【請求項17】少なくとも3原色を含む光を放射する発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第1レンズを二次元状に配列した第1レンズアレイと、前記第1レンズと対をなす複数の第2レンズを二次元状に配列した第2レンズアレイと、前記第2レンズアレイから出射する光を3原色の色光に分解する色分解手段と、3原色に対応する光学像を形成する3枚のライトバルブと、3枚の前記ライトバルブ上の光学像を合成してスクリーン上に拡大投写する投写光学系とを備え、前記第1レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第2レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第2レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を色光に応じた各々の前記ライトバルブの有効表示領域上に伝達して重畳せしめ、前記色分解手段は各々の色光を3枚の前記ライトバルブの対応する各々に有効に到達せしめ、前記投写光学系は3枚の前記ライトバルブを出射した各々の色光を前記スクリーン上に有効に到達せしめ、前記第2レンズの各々はこれらに入射する当該部分光束の最も収束した断面よりも大きな開口を有し、前記第2レンズの各々を密接させて配列し前記第2レンズアレイの有効領域ができるだけ小さな円領域を近似するようにすると共に、前記第1レンズアレイと前記第2レンズアレイの光路中に折り返しミラーを備えたことを特徴とする投写型表示装置。

【請求項18】第2レンズアレイから3枚のライトバルブの各々に至る光路中に少なくとも1枚の凹レンズを備えたことを特徴とする請求項17記載の投写型表示装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【00001】

【産業上の利用分野】本発明は、主にライトバルブを照明する用途に用いる照明光学装置、ならびに当該照明光学装置によりライトバルブを照明し、ライトバルブ上の光学像をスクリーン上に拡大投影する投写型表示装置に関する。

##### 【00002】

【従来の技術】従来、大画面映像を表示する方法の一つとして、ライトバルブを用いた投写型表示装置が知られている。近年では、液晶パネルを用いた投写型表示装置が開発されており、例えばS.I.D. 91ダイジェスト4の91～422ページにその構成の例が記載されている。

【00003】このような投写型表示装置には、ライトバ

ルブ上の光学像を強力な光で照明する照明光学装置が必要であり、その性能は投写画像の画質を大きく左右する。具体的に、高効率で色再現性に優れ、明るさと色の均一性の良好な照明光学装置が要望される。

【00004】従来用いられている照明光学装置の一例として凹面鏡式照明光学装置がある。(図18)にこのような照明光学装置の構成例を示す。主に、ランプ201と凹面鏡202から構成される。凹面鏡202は放物面鏡であり、発光体203の放射する光の大部分を集光し、光軸204に平行に近い照明光205を形成して、被照明領域206を照明する。

【00005】例えば、ランプ201にはメタルハライドランプが用いられる。他に、キセノンランプ、ハロゲンランプ等が用いられるが、これらのランプと比較して、メタルハライドランプは発光効率と色再現性に優れている。凹面鏡202には、他に楕円面鏡等が用いられる。

【00006】このような凹面鏡式照明光学装置は、凹面鏡202の集光効率が高い利点がある反面、光軸204近傍の光束密度が高く、被照明領域206の明るさむらが比較的大きい。例えば、明るさむらを改善するために、ランプ201の発光管表面をフロスト処理する方法が知られているが、フロスト処理された発光管は照明光を拡散させるため、被照明領域206の明るさが大きく低下する。

【00007】一方、照明光の明るさ均一性を改善する方法としてレンズアレイを用いたインテグレートと呼ばれる構成が知られており、例えば、特公昭43-5089号公報、特開平3-111806号公報がある。(図19)に、このような照明光学装置の構成例を示す。

【00008】(図19)に示す照明光学装置は、(図18)に示した凹面鏡式照明光学装置に、第1レンズアレイ板221、第2レンズアレイ板222、第3レンズ223を付加している。第1レンズアレイ板221は、複数の第1レンズ224を二次元状に配列して構成する。第2レンズアレイ板222も同様に、複数の第2レンズ225を二次元状に配列して構成する。第1レンズアレイ板221は、凹面鏡202から出射する明るさむらの大きな単一光束を、第1レンズ224と同数の部分光束に分割する。分割後の部分光束の明るさむらは、分割前の単一光束に比較して小さい。各部分光束は、第2レンズアレイ板225により被照明領域206まで有効に伝達され、第3レンズ223がこれを重畳させるので、明るさ均一性の高い照明を実現できる。

##### 【00009】

【発明が解決しようとする課題】(図19)に示す照明光学装置は、明るさの均一性が高い反面、照明光の集中角に制約を設けると光利用効率が低いという問題がある。これは、特に大きな発光体と組み合わせた時により大きな問題となる。その理由を以下に述べる。

【00010】ランプ201から放射される光の大部分

(4)

5

は、凹面鏡202により反射されて第1レンズアレイ板221に入射し、第2レンズアレイ板222に到達する。従って、第2レンズアレイ板222で光の損失がなければ、ランプ201から放射される光の大部分は被照明領域206に到達することがわかる。つまり、照明光学装置全体の光利用効率は、主に第2レンズアレイ板222における光の損失量に依存する。

【0011】ところで、第2レンズアレイ板222上には、凹面鏡202と第1レンズ224により、発光体203の実像が形成される。そこで、第2レンズ225の開口より大きな実像が形成されると、被照明領域206に有効に伝達されない光が発生して光損失が生じ、照明光学装置の光利用効率が低下する。

【0012】これに対し、第2レンズアレイ板222上の実像の大きさは、発光体203の大きさで決まるので、光利用効率の面から発光体の小さなランプを用いることが望ましい。例えばメタルハライドランプの場合、150W〜250W相当のショートアークタイプで一般に5〜10mm相当の発光体長である。メタルハライドランプの場合、発光体長を短くすると、発光特性やランプ寿命を極端に低下させるので問題がある。これは、ハロゲンランプについても同様である。

【0013】一方、光損失を低減させるために、光学系の構成は変えずに第2レンズアレイ板のみを大きくすることが考えられる。この場合、被照明領域上での照明光の集中角が大きくなり、投写型表示装置に用いる照明光学装置として、以下に述べる問題が生じる。

【0014】照明光の集中角が大きくなると、ライトバルブから出射する光の発散角が大きくなる。その結果、Fナンバーの明るい投写レンズを用いて集光する必要があるが、Fナンバーの明るい投写レンズは、有効径が大きく高価であり、コンパクトな投写光学装置を構成することが困難になる。

【0015】更に、偏光特性を利用するライトバルブは、一般に光の入射角に応じて光学特性が変化する。例えば、液晶パネルでは、照明光の集中角が大きくなると表示画像のコントラストが低下する。このため、実用上使用できる投写レンズのFナンバーには制約がある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために本発明の照明光学装置は、発光体と、前記発光体の放射光を単一光束に変換する集光手段と、略同一の開口形状を有する複数の第1レンズを二次元状に配列した第1レンズアレイと、前記第1レンズと対をなす複数の第2レンズを二次元状に配列した第2レンズアレイとを備え、前記第1レンズアレイは前記集光手段を出射した単一光束を複数の部分光束に分割すると共に対応する前記第2レンズの開口部近傍で当該部分光束を最も収束せしめ、前記第2レンズアレイはこれに入射する複数の部分光束の各々を被照明領域上に伝達して重畳せしめ、前記

6

第2レンズの各々はこれらに入射する当該部分光束の最も収束した断面よりも大きな開口を有し、前記第2レンズの各々を密接させて配列し前記第2レンズアレイの有効領域ができるだけ小さな円領域を近似するようにしたことを特徴とする。

【0017】更に、本発明の照明光学装置はライトバルブを用いる投写型表示装置に用いることができる。

【0018】

【作用】上記構成によれば、集光手段を出射して第1レンズアレイに入射した単一光束は、第1レンズと同数の複数の部分光束に分割される。この時、分割前の単一光束は明るさむらが大きくても、分割後の各部分光束の明るさむらは比較的少ない。

【0019】次に、第1レンズを出射した複数の部分光束は、第2レンズアレイ上の対応する第2レンズに入射する。第2レンズアレイは複数の部分光束を被照明領域まで伝達して、各々を重畳させるので、明るさの均一性に優れた照明光を得ることができる。ただし、第2レンズアレイは、少なくとも一部の第2レンズの開口形状を有効に異ならせて構成する。具体的に、少なくとも一部の第2レンズについて、対応する第1レンズの開口中心と集光手段の光軸との距離が大きいものほど、その開口面積を相対的に小さくする。更に、各第2レンズを密接させて適当に配列し、できるだけ小さな面積の円を近似する開口形状の第2レンズアレイを構成する。これにより、各々の第2レンズは対応する部分光束の断面積に対し十分な開口を提供しながら、第2レンズアレイの開口面積の総和を小さくできる。

【0020】その結果、本発明の照明光学装置は、優れた明るさの均一性と共に、高い光利用効率で集中角の小さな照明光を提供する。更に、本発明の照明光学装置を用いて、明るく、明るさの均一性に優れた投写画像を呈示するコンパクトな投写型表示装置を実現できる。

【0021】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明の具体例について詳細に述べる。

【0022】(図1)は本発明の照明光学装置の第一の実施例を示す構成図である。1はメタルハライドランプ、2は発光体、3は放物面鏡、4は第1レンズアレイ板、5は第2レンズアレイ板、6は被照明領域である。7は照明光学装置の主光軸であり、発光体2から、第1レンズアレイ板4の有効領域の中心4aと第2レンズアレイ板5の有効領域の中心5aを経て、被照明領域の中心6aに至る。ただし、主光軸7と放物面鏡3の回転対称軸は一致している。被照明領域6は、例えば液晶パネルなどのライトバルブの有効表示領域とする。

【0023】一般に、メタルハライドランプ1は円筒形に近い発光体2を形成する。発光体2の長軸方向と主光軸7の方向を一致させ、その重心は放物面鏡3の焦点近傍に位置している。従って、第1レンズアレイ板4には

(5)

7

主光軸7と平行に近い光が入射する。厳密には、放物面鏡3の焦点から放射された光が主光軸7と平行に入射する。

【0024】(図2)に、第1レンズアレイ板4の構成の一例を示す。被照明領域6と相似形状である矩形開口の第1レンズ10を18個配列している。図中のa~rの記号は、後述する第2レンズアレイ板5の構成例との対応関係を示す。第1レンズ10は全て平凸レンズであり、その凸面を放物面鏡3側に向けて配置している。

【0025】第1レンズ10の開口はすべて同一形状であり、アスペクト比4:3の矩形開口である。これは、例えばNTSCのTV画像を表示する液晶パネルを照明する場合を想定し、被照明領域6に対して相似形状としている。第1レンズ10は、放物面鏡3から出射する光束の断面形状に合わせて、開口の総和が円形を近似するように配列している。第1レンズアレイ板4の有効領域の中心4aは、1.8個の第1レンズ10が内接する円の中心であり、この中心4aを主光軸7は通過する。ここで、第1レンズの個数を分割数N、被照明領域の第1レンズの開口に対する相似比を第2レンズの倍率M、と定義し、以下に述べる全ての実施例に関する説明において引用する。

【0026】(図3)に、第2レンズアレイ板5の構成の一例を示す。第1レンズ10と同数の18個の第2レンズ15を密接させて配列している。図中のa'~r'の記号は、(図2)に示した第1レンズ10との対応関係を示す。第2レンズ15は全て平凸レンズとし、その凸面を被照明領域6側に向けて配置している。

【0027】以上の構成をふまえ、本発明の照明光学装置の第一の実施例における照明の手順と特徴を説明する。放物面鏡3は発光体2から放射される光を集光し、主光軸7に沿った単一光束を形成する。この単一光束は、主光軸7の近傍ほど光束密度が高く明るさむらが大きい。第1レンズアレイ板4に入射した単一光束は、1.8個の第1レンズ10により、1.8本の部分光束に分割される。分割後の各部分光束は、元の単一光束に比較して明るさむらが小さくなる。第1レンズ10は、対応する部分光束に対応する第2レンズ15の開口部に導くと共に、第2レンズ15の開口部近傍で各々の部分光束を最も収束させる。

【0028】第2レンズ15は、対応する部分光束を適当な大きさに拡大し、被照明領域6上に重ね合わせる。

具体的に、対応する第1レンズ10の開口に即した断面形状の光束を倍率Mだけ拡大し、被照明領域6上に導いて重畳させる。第1レンズ10の開口を被照明領域6と相似形状としているので、照明光の光束断面形状と被照明領域6の形状が一致し、光利用効率の面で有利となる。

【0029】本発明の照明光学装置は、明るさむらの大きな単一光束を明るさむらの小さい部分光束に分割し、

8

これを被照明領域上に重畳させているので、明るさの均一性に優れた照明を実現できるという特徴がある。

【0030】一方、ランプの消費電力を大きくすることなく明るい照明光を得るために、光利用効率の高い照明光学装置を構成することは重要である。発光体2から放射された光の大部分は、放物面鏡3により集光されて第1レンズアレイ板4に入射し、第2レンズアレイ板5に到達する。従って、第2レンズアレイ板5における光の損失が少なければ、発光体2から放射される光の大部分は有効に被照明領域6に到達することがわかる。そこで、第2レンズ15の各々の開口をそれを通する部分光束の各々の断面に対して十分な大きさとすれば、極めて高い光利用効率を実現できる。

【0031】一方、第2レンズ15の各々の開口を大きくすると第2レンズアレイ板5の有効領域が大きくなり、被照明領域6を照明する照明光の集中角が増加するという問題を生じる。つまり、照明光の最大Fナンバーが小さくなり、この照明光学装置を用いてライトバルブを照明する場合に、効率よく照明光を集光するためにはFナンバーの小さな投写レンズと組み合わせる必要がある。

【0032】これに対し、(図3)に示す第2レンズアレイ板5は、照明光の集中角をあまり大きくすることなく高い光利用効率を実現できる第2レンズ15の各々の開口形状の一例とそれらの配列の一例を提供している。一般に、第2レンズアレイ板5に入射する各々の部分光束の最も収束した断面の大きさは明るさむらを反映して不揃いとなる。そこで、第2レンズ15の各々の開口を有効に異ならせれば、いずれの部分光束に対しても必要な開口を与えることができる。この場合、光学系の配置誤差などを考慮してそれぞれの開口に余裕を与えても構わない。同時に、第2レンズ15の各々をできるだけ密接させて配列し、第2レンズアレイ板5の有効領域をできるだけ小さな円領域に近似させる。

【0033】その結果、有効に異ならせた第2レンズ15の各々の開口は、各々の開口を通するいずれの部分光束についても大きな損失を生じさせない。同時に、第2レンズアレイ板5の有効領域を小さくできるので、光利用効率をあまり低下させることなく集中角の小さい照明光を形成できる。従って、本発明の照明光学装置は、集中角が小さく明るさむらの少ない照明光を高い光利用効率で形成でき、極めて大きな効果を得ることができる。

【0034】次に(図4)を用いて第2レンズの開口について補足する。(図4)は、特に、第1レンズ10f及び第2レンズ15fの組み合わせに着目し、発光体2から、放物面鏡3、第1レンズ10f、第2レンズ15f、被照明領域6に到る経路に沿って、関連する要素のみを記述している。

【0035】発光体2の長さ(長軸方向)をdL、太さ(短軸方向)をdW、放物面鏡3の焦点距離をR、第1

(6)

9

レンズ10fの焦点距離をF1、第2レンズ15f'の焦点距離をF2、第1レンズ10fと第2レンズ15f'の主光軸7に沿った距離をX1、第2レンズ15f'と被照明領域6の主光軸7に沿った距離をX2とおく。放物面鏡3の焦点21から出射し、第1レンズ10fの開口中心22、第2レンズ15f'の開口中心23を経て、被照明領域6の中心24に至る光線に沿った経路を、着目しているレンズ系の補助光軸25とする。ただし、第1レンズ10fと第2レンズ15f'間の補助光軸25aと主光軸7のなす角、第2レンズ15f'と被照明領域6間の補助光軸25bと主光軸7のなす角、はいずれも小さいと見なし、第1レンズ10fと第2レンズ15f'の補助光軸25aに沿った長さ、第2レンズ15f'と被照明領域6間の補助光軸25bに沿った長さは、それぞれ、X1、X2と等しいと見なす。

【0036】第1レンズ10fの焦点距離F1は、X1と一致しており、放物面鏡3の焦点21から出射し、主光軸7と平行に第1レンズ10fに入射した光は、第2レンズ15f'上で補助光軸25と交わる。つまり、放物面鏡3と第1レンズ10fの働きにより、第2レンズ15f'上に発光体2の実像26が形成される。第2レンズ15f'は第1レンズ10f上の物体27の実像28を被照明領域6上に形成する。ただし、倍率Mは被照明領域6と第1レンズ10fの開口との相似比から決まり、X1とX2の比におよそ等しくなる。

【0037】第1レンズ10fは、第2レンズ15f'の開口中心23の近傍に発光体2の実像26を形成し、第2レンズ15f'は第1レンズ10fの開口中心22から出射した光を被照明領域6の中心24に到達させる必要がある。そこで、第1レンズ10fと第2レンズ15f'は適宜偏心させている。具体的に、例えば、第1レンズ10fの回転対象軸の延長上に第2レンズ15f'の開口中心23が位置するように、第1レンズ10fを偏心させる。第2レンズ15f'の曲率中心を第1レンズ10fの開口中心22と被照明領域6の中心24を結ぶ直線上に位置するように、第2レンズ15f'を偏心させる。

【0038】以上の構成から、第2レンズ15f'の開口に比較して発光体2の実像26が小さければ、第1レンズ10fと第2レンズ15f'を通過する部分光束について高い光利用効率を得る。従って、各々の第1レンズ10fが作る発光体2の実像の大きさを明らかにすれば、各々の第2レンズ15f'の開口形状を損失の少ない必要十分な形状にできる。

【0039】(図5)は第1レンズアレイ板4上の着目している第1レンズ10fのみを示す。第1レンズ10fの高さHを、開口中心22の主光軸7に対する高さとして定義する。二次元に展開した場合の高さHの定義を(図4)中に図示する。更に、第1レンズアレイ板4上で互いに直交する方向UとVを定義する。主光軸7との

10

交点4aを中心とする円を考えた場合に、Uはその半径方向、Vはその円周方向に相当する。着目している第1レンズ10fについて方向Uはその高さH方向である。

【0040】(図6)は第2レンズアレイ板5上の着目している第2レンズ15f'のみと、そこに作られる発光体像26fの一例を示す。第1レンズアレイ板4上で定義した方向UとVを第2レンズアレイ板5上に写して考える。発光体像26fの長さ方向dL'は第2レンズアレイ板5上での半径方向Uと一致し、太さ方向dW'はそれと直交する方向Vと一致する。ここで、長さ方向の倍率dL'/dLをKL、太さ方向の倍率dW'/dWをKWとする。

【0041】(図7)は、第2レンズアレイ板5上に作られるすべての発光体像26の様子を観測した結果の一例を示す。発光体像26の大きさは、対応する第1レンズ10fが主光軸7の近傍に位置するほど相対的に大きく、主光軸7から離れて位置するほど相対的に小さいことが明らかとなる。

【0042】(図8)は、第1レンズ10fの高さHと発光体像26の倍率KL、KWの関係を求めた結果の一例を示す。高さHが増加するほど太さ方向の倍率KWは単調に減少する。長さ方向の倍率KLはある高さH<sub>0</sub>で極大となり、その後、高さHが増加すると単調に減少する。

【0043】ところで、(図4)においてHが十分に小さく主光軸7の近傍に第1レンズ10fがある場合、発光体像26は特異な形状となる。発光体2の見かけの長さは0に近づき、太さ方向の断面形状である円形に近い発光体像となる。このため、(図8)において、高さH<H<sub>0</sub>となる領域では太さ方向の倍率KWが支配的となる。

【0044】以上のことから、第1レンズの高さHが大きくなるほど対応する第2レンズ上の発光体像の面積は相対的に小さくなることが明らかとなる。そこで、対応する第1レンズが主光軸より離れて位置するものほど第2レンズの開口面積を相対的に小さくしても、光の損失はあまり問題とならない。

【0045】このことは、第2レンズの各々の開口形状についてのより好ましい状態を提供する。すなわち、対応する第1レンズ10fの高さHが大きいものほど第2レンズ15f'の開口面積を小さくしても、各々の第2レンズ15f'は対応する各々の発光体像26に対し必要十分な開口を確保できる。加えて、例えば第2レンズ15f'の各々の開口を矩形とし、それらを密接させてできるだけ小さい面積の円領域を近似するように配列すれば、第2レンズアレイ板5の有効領域を小さくすることができる。その結果、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で集中角が小さく明るさの均一性に優れた照明光を提供できる。

【0046】ただし、(図7)に示す第2レンズアレイ

(7)

11

板5の実施例において、特に、 $e'$ 、 $f'$ 、 $m'$ 、 $n'$ で表した第2レンズ15は、隣接するレンズとの整合性から各々の発光体像26に対して必要以上に大きい開口形状としている。この場合、特に矩形開口とする必要はなく発光体像の存在しない領域を非レンズ領域としても良い。

【0047】本発明の照明光学装置の第一の実施例において、凹面鏡は特に放物面鏡でなくても構わない。(図9)はこのような場合の実施例を示しており、凹面鏡71は楕円面鏡を用いている。楕円面鏡71の形状に合わせて、第1レンズ10'と第2レンズ15'の曲率、偏心量、開口形状を適宜定めて、第1レンズアレイ板4'、第2レンズアレイ板5'を適宜構成すれば良い。この場合も、対応する部分光束の断面に対し第2レンズ15'の各々の開口を適宜に異ならせ、それらを密接させて配列すれば良い。その結果、上述と同様の効果を得ることができる。

【0048】(図10)は、発光体2から放射される光を集光レンズ72と球面鏡73を用いて集光する場合の実施例を示す。一般に、集光レンズ72が正弦条件を十分に満たせば、明るさむらの少ない光束を得ることができる。ところが、発光体2から放射される光を高い効率で集光しようとすれば、集光レンズ72のFナンバーを小さくしなければならず、軸外に到るまで正弦条件を十分に満たすことは難しい。この場合も、第2レンズ15'の各々の開口を適宜に異ならせ、それらを密接させて配列し、上述と同様の効果を得ることができる。

【0049】(図9)と(図10)で示したいずれの実施例も、第1レンズアレイ板に入射する光束の明るさむらは、主光軸の近傍ほど明るく、主光軸から離れるほど暗い。これは、放物面鏡を用いて述べた(図1)の構成と同様に、光軸上に配置された発光体の放射光を、光軸について光学的に回転対称の光学系を用いて集光する場合に同様である。このような場合、第1レンズが作る発光体像の大きさは、第1レンズの高さHが大きくなるほど小さくなる。従って、対応する第1レンズの高さHが大きくなるほど第2レンズの開口面積を小さくし、それらを密接させることは、高い光利用効率で集中角の小さい照明光を得るために有効である。

【0050】発光体から放射される光を高い効率で第1レンズアレイ板に入射させるには、集光できる立体角の大きい放物面鏡や楕円面鏡などの凹面鏡を用いるほうが有利である。この場合、長軸方向を凹面鏡の光軸方向に揃えて発光体を配置すれば、光軸について回転対称に近い光束を得ることができ、第1レンズアレイ板と第2レンズアレイ板を設計する上で有利である。

【0051】第1レンズを平凸レンズとし、光源側に凸面を向けて第1レンズを構成した場合の実施例について特に述べたが、本発明の効果はこの構成に限定されない。ただし、第1レンズを平凸レンズとすると、第1レ

12

ンズアレイの量産時の作り易さ、コストの面で有利となる。これは、第2レンズアレイ板についても同様である。また、照明光の平行度が高い放物面鏡3側に第1レンズ10の凸面を向けることで諸収差の発生を抑制でき、各々の部分光束を効率良く対応する第2レンズの開口部に導くことができる。

【0052】本発明の照明光学装置に用いるレンズアレイ板を加工のしやすい構成とすることは、コストと量産性の両面で利点がある。特に、一般的なガラスプレス法を用いて加工する場合、急峻な段差部の少ない形状であることが好ましい。特に、各々が偏心したレンズや、各々の開口の異なるレンズをアレイ状に配列する場合、レンズ境界部に生じる段差の影響がより大きな問題となる。これに対し、レンズ境界部を大きくして段差を緩和させると、境界部での光損失が増加するので問題がある。

【0053】(図11)はこのような場合の第1レンズ板の構成の一例を示す。ただし、(図11)において、(a)は第1レンズアレイ板83の平面図、(b)は(a)のA-A'面における断面図、(c)は(a)のB-B'面における断面図である。第1レンズアレイ板83は、例えば、隣接する第1レンズ、81と82の凸レンズ面を反対面に形成し、各々の第1レンズの凸レンズ面が基板について交互に両面となるようにしている。

【0054】第1レンズアレイ板をこのような構成にすると、レンズ境界部の加工が容易になるという利点がある。また、境界部を小さくすることができるので、レンズアレイ板の開口効率を高くできる。このようなレンズアレイ板の構成は、第2レンズアレイ板についても有効である。特に、第2レンズアレイ板は第2レンズの開口形状を各々異ならせて配列するので、加工性の面でより大きな効果を得ることができる。

【0055】特に、第2レンズアレイ板を(図12)に示すような構成にすると、レンズアレイ板の加工性の面で大きな効果を得ることができる。これは、各々は開口に対して偏心させたフレネルレンズを第2レンズ91として用いて、第2レンズアレイ板92を構成している。第2レンズ91をフレネルレンズとすると、偏心量やその開口形状に依らずゴバ部の高さを一定にできる。従って、レンズ境界部の非レンズ領域を非常に小さくすると共に、優れた加工性を得ることができる。この場合も、隣接する第2レンズ91を基板に対して両面に交互に形成すれば、加工性の面でより大きな効果を得る。

【0056】ところで、耐熱性に優れ、比較的透明度の高い樹脂材料の1つとしてシリコン樹脂が知られている。本発明の照明光学装置に用いる第1レンズアレイ板、または第2レンズアレイ板の少なくともいずれか一方を、透明度の高いシリコン樹脂を用いて形成すると以下に述べる利点がある。

【0057】これまで述べたように、各々が偏心し、か



(8)

13

つ各偏心量や偏心の方向が異なる複数のレンズをアレイ状に構成する場合、加工の難易度が高いという問題が生じる。併せて、コストも比較的高くなる。これは、各レンズの開口形状が異なる場合により大きな問題となる。例えば、ガラスプレス法により形成する場合、高温の熔融ガラスを用いるので、耐熱性の優れた金属型が必要である。一般に金属型は、耐熱性が高いほど加工しにくく、コストも高くなる。

【0058】このため、耐熱性の低い材料からなる母型を用いて、レンズアレイ板を形成できれば、加工性とコストの両面から利点がある。一般に、二液型として知られるシリコーンゴムは、原材料は液状であり、その多くは常温下のプロセスで硬化させることができるので有効である。加熱を伴う場合でも100°C前後の加熱で良い。また、硬化後は安定性が高く、耐熱性、対候性も優れている。具体的には、例えば、信越化学工業(株)のKE106、KE108を用いることができる。KE106は、付加反応により硬化し、KE108は縮合反応により硬化する。

【0059】これにより、金属型を用いる場合、例えば、比較的安価で加工性にも優れた真鍮を使用できる。レンズ面に鏡面が要求される場合には、ニッケル、クロムなどをめっきすれば良い。また、原型から型を取り母型を形成する方法も有効である。例えば、任意に偏心させた任意の開口形状を持つ複数の平凸レンズを接合してレンズアレイ板の原型を用意し、適当な樹脂材料を用いて注型法により母型を取ることができる。

【0060】いずれの場合も、加工された母型に、液状のシリコーンゴム材料を注入し硬化させて、比較的容易な加工法と安価なコストでレンズアレイ板を形成することができ、大きな効果を得ることができる。この場合、複数の母型を用意することで少ロットの量産に対応できる。

【0061】上に述べた実施例において、第1レンズの開口形状を被照明領域と相似形状として説明した。これは、被照明領域を照明する光束の断面形状を被照明領域の形状に合わせることができるので、光利用効率の面で有効である。しかし、本発明の効果は特に第1レンズの開口形状には依らず、必ずしも被照明領域と相似形状とする必要はない。

【0062】また、発光体、凹面鏡、第1レンズ、第2レンズ、第1レンズアレイ板、第2レンズアレイ板、の形状、構成、位置関係などは、特に上に述べた関係を厳密に満たす必要はない。被照明領域を照明する光が所定の性能を満たすように適宜、変更しても構わない。特に、第1レンズ、第2レンズのいずれかの光学面の少なくとも1つを非球面形状とすれば、照明光に与える諸収差の影響を低減でき、光利用効率を更に高めることができる。

【0063】ランプは特にメタルハライドランプである

14

必要はない。他に、ハロゲンランプ、キソノンランプなどを用いても構わない。ただし、メタルハライドランプは、他のランプに比較して発光体が大い反面、発光効率と色再現特性に優れている。本発明の照明光学装置は、発光体の大きいランプを用いるほどより大きな効果を得ることができるので、メタルハライドランプを用いるとより優れた照明光学装置を実現できる。

【0064】次に、(図13)を用い、本発明の照明光学装置を用いて投写型表示装置を構成した場合の第一の実施例について述べる。50は、(図1)に示したものと同一照明光学装置である。51は透過型のツイストネマティック液晶パネル、52は投写レンズ、53はスクリーンを表す。投写レンズ52はテレセントリックの投写レンズを用いている。

【0065】照明光学装置50は、上述の作用にもとづき明るく均一性に優れた照明光で液晶パネル51の有効表示領域51aを照明する。しかも、光損失を大きくすることなく第2レンズアレイ板5の有効領域を小さくできるので、液晶パネル51を照明する光の集中角が小さい。このため、比較的Fナンバーの大きな投写レンズ52を用いて、明るく、明るさの均一性の優れた投写画像を提供できる。また、照明光の集中角が小さいので、液晶パネル51の視野角特性の影響をあまり受けることなく、コントラストの高い投写画像を実現できる。その結果、高画質で光利用効率の優れた投写型表示装置を実現でき、非常に大きな効果がある。

【0066】以下、(図1)及び(図9)を用いて述べた本発明の照明光学装置及び投写型表示装置の一実施例における効果を、具体的な数値を挙げて説明する。

【0067】液晶パネル51としてアクティブマトリクス式のツイストネマティック液晶パネルを用い、有効表示領域は対角長80mm、アスペクト比4:3である。照明光学装置50の分割数Nは18とし、倍率Mは3.2とした。メタルハライドランプ1は250W相当のものを用い、発光体2の有効長さdLは約6mm、有効太さdWは約3mmであり、放物面鏡3は焦点距離12mm、出射開口部直径100mmのものを用いた。

【0068】第1レンズ10は、対角25mm、アスペクト比4:3の矩形開口とし、(図2)に示した構成例に基づいて第1レンズアレイ板4を形成した。また、第1レンズアレイ板4と第2レンズアレイ板5の面間隔X1は約90mm、第2レンズアレイ板5と液晶パネル51との面間隔X2は約280mmとし、第1レンズ10の焦点距離F1は全て90mm、第2レンズ15の焦点距離F2は全て67mmとした。

【0069】第2レンズアレイ板5は(図3)に示した構成例に基づいて形成し、第2レンズ15はそれぞれa'~r'で表したもののについて(表1)の開口長を与えた。ただし、水平方向とは液晶パネル51の横方向、垂直方向とは液晶パネル51の縦方向に相当する。



(9)

15

16

【0070】

\* \* 【表1】

## 第2レンズ開口長の数値例

第2レンズ記号	水平方向開口長	垂直方向開口長
a、c、p、r	10mm	10mm
b、q	6mm	12mm
d、g、l、o	12mm	10mm
e、f、m、n	20mm	17mm
h、k	11mm	12mm
i、j	23mm	12mm

【0071】以上の構成によれば、第2レンズアレイ板5の開口部が内接する円の半径が3.5mmとなり、最大集中角約1.4度の照明光により液晶パネル51上で最大250万lxの照度が測定された。次に、投写レンズ52としてF4相当のものをを用い、4.0インチのスクリーン53上の投写画像の明るさを測定した所、約1000lxの最大照度が得られた。同時に、明るさの均一性は極めて良好であり、最も暗い所と明るい所の照度比は約60%であった。

【0072】本発明の効果を従来と比較検証するため、(図14)に示す第2レンズアレイ板60を構成した。第2レンズ61は第1レンズ10と全て同一の開口形状であり、具体的に、対角2.5mm、アスペクト比4:3の矩形とした。加えて、第1レンズ10と同一の手法によって配列した。これに対応する第1レンズアレイ板として、(図2)に示したものと同一の構成で、第1レンズは各々偏心していないもの構成した。ただし、各レンズの焦点距離は変更しておらず、第2レンズ61は各部分光束を有効に重畳させるように適宜偏心させた。以上述べた2枚のレンズアレイ板、同一のランプ、同一の放物面鏡、同一の液晶パネルを用いて同様の実験を行った。

【0073】(図10)に示した第2レンズアレイ板60は、開口部の内接する円の半径が4.5mmあり、照明光の最大集中角は約1.8度まで広がった。この照明光を全て利用して照度を測定した場合、液晶パネル51上で230万lxの照度が得られた。また、第2レンズアレイ板60上の発光体像62を観察した結果、主光軸7の近傍に位置する発光体像62の一部は、対応する第2レンズ61の開口より大きく光の損失が発生していた。(図10)に、発光体像62の観察結果を模式的に書き加える。

【0074】これに対し、F3相当の投写レンズを用いて4.0インチのスクリーン53上の明るさを測定した所、最大照度は約9000lxであった。更に、上述ど

同じF4相当の投写レンズを用いた場合、最大照度は約6000lxまで低下した。

【0075】以上述べた結果から、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率でもって集中角が小さく、明るさの均一性に優れた照明光を形成することが確認できた。また、本発明の投写型表示装置は、F値の大きな投写レンズを用いた場合であっても光損失をあまり発生させることなく、明るさと明るさの均一性に優れた投写画像を提供できることを確認できた。加えて、ライトバルブとして液晶パネルを用いた場合、F3の投写レンズに比較してF4の投写レンズを用いると、コントラストの高い表示を実現できることが視感評価から確認できた。

【0076】次に、本発明の投写型表示装置の他の実施例を述べる。(図15)は、R、G、Bの三原色に対応した3枚の液晶パネル101、102、103を用いてフルカラーの投写型表示装置を実現する場合の構成例である。メタルハライドランプ1、放物面鏡3、第1レンズアレイ板4、第2レンズアレイ板5、コールドミラー104、UV-I Rカットフィルタ105、色分解ダイクロイックミラー106、108、フィルードレンズ113、114、115、液晶パネル101、102、103、色合成ダイクロイックミラー109、110、折返しミラー107、111、投写レンズ112から構成される。ランプ1、放物面鏡3、第1レンズアレイ板4、第2レンズアレイ板5は、(図1)に示したものと同一である。

【0077】コールドミラー104、UV-I Rカットフィルタ105は、照明光から不要な熱線や紫外線を取り除くために用いる。色分解ダイクロイックミラー106、108は、その分光反射特性を適宜設計して、照明光をR、G、Bの3原色に分解する。分解された3原色の照明光は、それぞれR、G、Bに対応した映像信号により駆動された液晶パネル101、102、103を照らす。液晶パネル101、102、103上に作られたR、G、Bの光学像は、色合成ダイクロイックミラー

(10)

17

109、110により合成され、投写レンズ112によりスクリーン上にカラー画像が拡大投影される。フィールドレンズ113、114、115は、照明光を投写レンズ112の入射瞳内に有効に到達させるために用いる。

【0078】(図15)に示す構成においても、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で均一性の優れた照明光を実現でき、かつ、照明光の集中角が小さいのでF値の大きな投写レンズを利用でき、極めて大きな効果が得られる。結果として、明るく、均一性に優れた高画質の投写画像が得られるコンパクトな投写型表示装置を実現できる。

【0079】また、(図15)に示す構成は、第2レンズアレイ板5から液晶パネル101、102、103に到る3つの光路長をいずれも同じくすることができる構成を示している。これは、1つのランプと1つの凹面鏡、1つの第1レンズアレイ板、1つの第2レンズアレイ板を用いて、3原色に対応する3枚の液晶パネルの照明をいずれも同じ条件で行うことができるので、明るさと色の均一性に優れた表示を行う上で優れている。また、光源部の部品数を少なくできる利点がある。

【0080】(図15)に示す構成の投写型表示装置は、第1レンズアレイ板4と第2レンズアレイ板5の間の光路中にコールドミラー104を配置する間隔を確保し、(図16)に示す構成とすることもできる。これにより、よりコンパクトな投写型表示装置にすることができる。

【0081】ところで、(図16)に示す構成とした場合に以下に述べる工夫を行うことでより大きな効果を得ることができる。このような場合の投写型表示装置の実施例を(図17)に示す。(図17)に示す構成は、

(図16)に示す構成の第2レンズアレイ板5と液晶パネル101、102、103の光路中に、凹レンズ121、122を付加している。その理由を説明する。

【0082】第2レンズアレイ板5と液晶パネル101、102、103の間の光路長は、ダイクロイックミラー106、108、あるいは折り返しミラー107のいずれか2枚を配置できる間隔から決まる。必要以上に光路長を長くするとセットが大きくなるため問題がある。一方、好ましくは第1レンズアレイ板4と第2レンズアレイ板5の間にコールドミラー104を配置する一定の光路長が必要である。その結果、第1レンズの開口形状と液晶パネルの有効表示領域の相似比、すなわち第2レンズの倍率Mに一定の制約を生じる。

【0083】(図4)の構成に置き換えて説明すれば、光路長 $X_1$ と $X_2$ が決まれば、倍率Mは光路長 $X_1$ と $X_2$ の比として制約される。これに対し、凹面鏡3の開口のみをあまり大きくするとコンパクトなセットを実現できないので、第1レンズの開口寸法の制約から分割数Nも制約される。分割数Nは明るさの均一性を得るために

18

ある程度大きくする必要があるので、分割数Nが制約を受けることは大きな問題となる。

【0084】これに対し、凹レンズ121、122を用いると、用いない場合に比較して分割数Nを大きくできる。これは、第2レンズより液晶パネル側に凹レンズを付加することで、付加しない場合に比較して入射側の主点位置を第1レンズ10側に移動させることができるためである。つまり、(図4)の構成に置き換えて説明すれば、等価的に光路長 $X_1$ を短く、光路長 $X_2$ を長くできる。その結果、投写画像の明るさ均一性をあまり損なうことなくコンパクトな投写光学装置を実現できる。

【0085】上に述べた各実施例の投写光学装置では、ライトバルブとして液晶パネルを用いた例を説明したが、照明光を空間的に変調できる素子であれば、同様の効果を得ることができる。また、(図15)及び(図16)及び(図17)に示した投写型表示装置の各実施例は、特に説明した構成にのみ本発明の効果を限定するものではなく、本発明の効果を損なわない範囲内で異なる構成であっても良い。

【0086】以上述べたいずれの実施例においても、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で明るさ均一性に優れ、かつ集中角の小さな照明光を得ることができる。更に、本発明の照明光学装置を用いて投写型表示装置を構成した場合に、Fナンバーの大きな投写レンズと組み合わせても、明るく、明るさ均一性に優れたコンパクトな投写型表示装置を実現することができ、極めて大きな効果を得ることができる。

【0087】また(図1)を用いて述べた第1の実施例における本発明の効果は、使用するランプの発光体が大きいほど大きく、特にメタルハライドランプを用いた場合に極めて大きな効果を実現できる。

【0088】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の照明光学装置は、被照明領域への照明光の集中角を大きくすることなく、高い光利用効率で明るさの均一性に優れた照明を提供することができる。更に、本発明の照明光学装置を用いて投写型表示装置を構成すれば、明るく、明るさの均一性に優れた投写画像を呈示するコンパクトな装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の照明光学装置の一実施例を示す構成図

【図2】第1レンズアレイ板の一実施例を示す構成図

【図3】第2レンズアレイ板の一実施例を示す構成図

【図4】本発明の照明光学装置の作用を説明する図

【図5】(図2)に示す第1レンズアレイ板の着目する第1レンズのみについて、その構成を示す構成図

【図6】(図3)に示す第2レンズアレイ板の着目する第2レンズのみについて、その構成と第2レンズ上に作られる発光体像を示す構成図

【図7】(図3)に示す第2レンズアレイ板上に形成さ

50

(11)

19

れる発光体像の模式図

【図8】本発明の照明光学装置の一実施例における第1レンズの高さHと発光体像の倍率KL、KWの相關図

【図9】本発明の照明光学装置の他の実施例を示す構成図

【図10】本発明の照明光学装置の他の実施例を示す構成図

【図11】本発明に用いるレンズアレイ板の他の実施例を示す構成図

【図12】本発明に用いる第2レンズアレイ板の他の実施例を示す構成図

【図13】本発明の投写型表示装置の一実施例を示す構成図

【図14】従来の第2レンズアレイ板の一構成例と、それを用いた場合の発光体像の模式図

【図15】本発明の投写型表示装置の他の実施例を示す構成図

【図16】本発明の投写型表示装置の他の実施例を示す

20

構成図

【図17】本発明の投写型表示装置の他の実施例を示す構成図

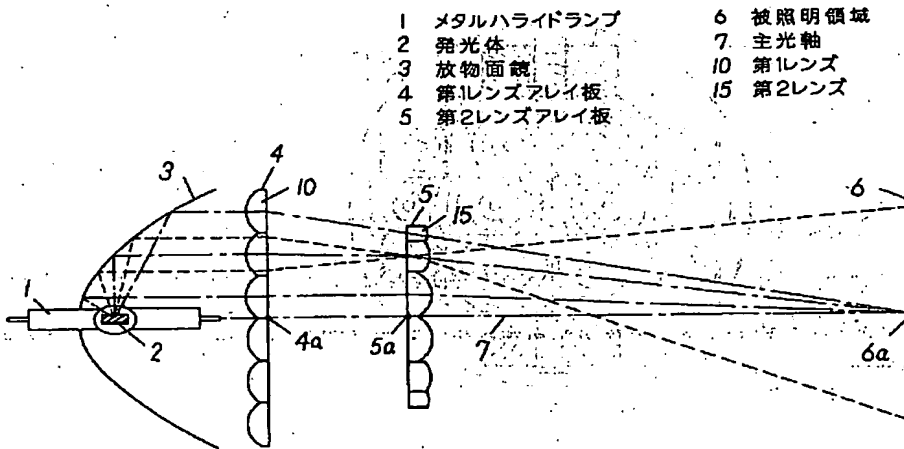
【図18】従来の照明光学装置の一例を示す構成図

【図19】従来の照明光学装置の他の一例を示す構成図

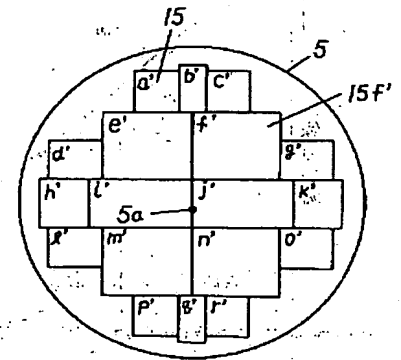
【符号の説明】

- 1 メタルハライドランプ
- 2 発光体
- 3 放物面鏡
- 4 第1レンズアレイ板
- 5 第2レンズアレイ板
- 6 被照明領域
- 7 主光軸
- 10 第1レンズ
- 15 第2レンズ
- 51 液晶パネル
- 52 投写レンズ
- 53 スクリーン

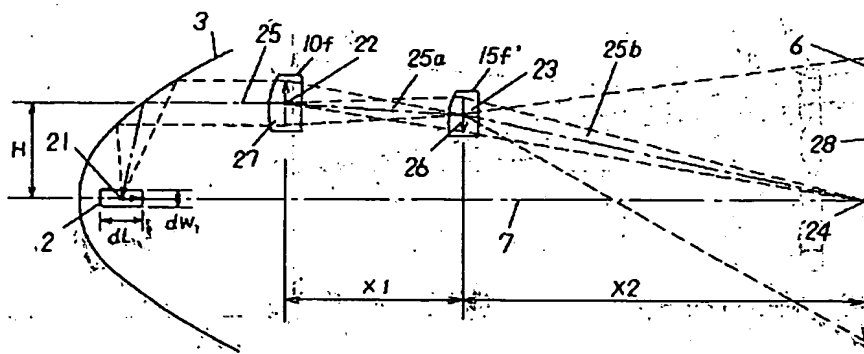
【図1】



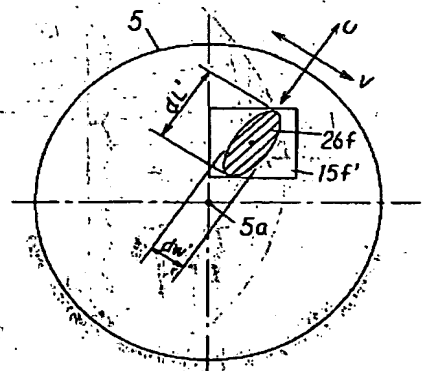
【図3】



【図4】

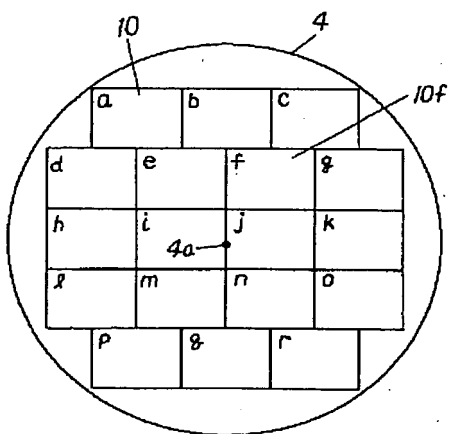


【図6】

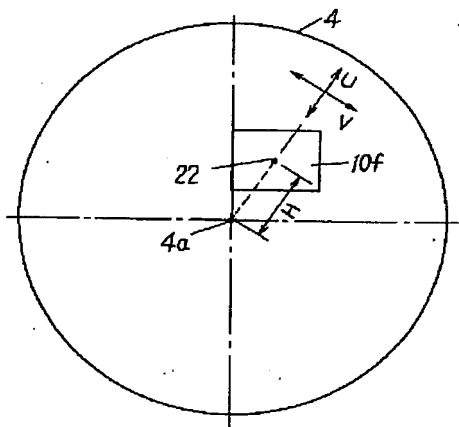


(12)

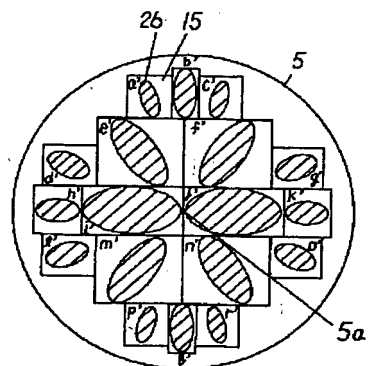
【図2】



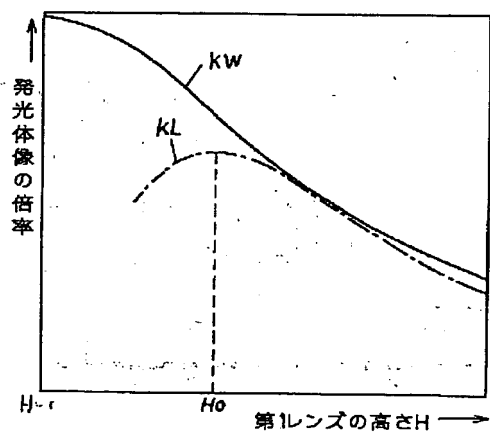
【図5】



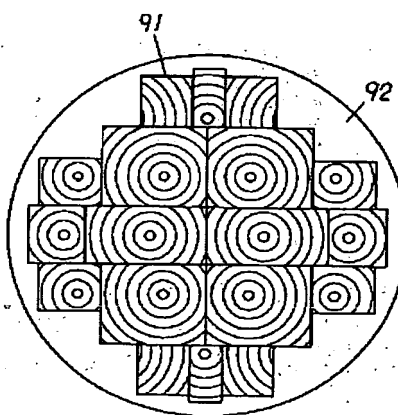
【図7】



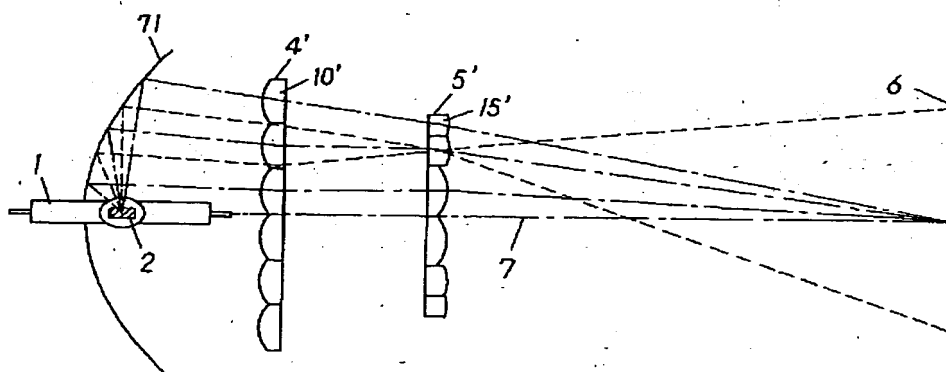
【図8】



【図12】

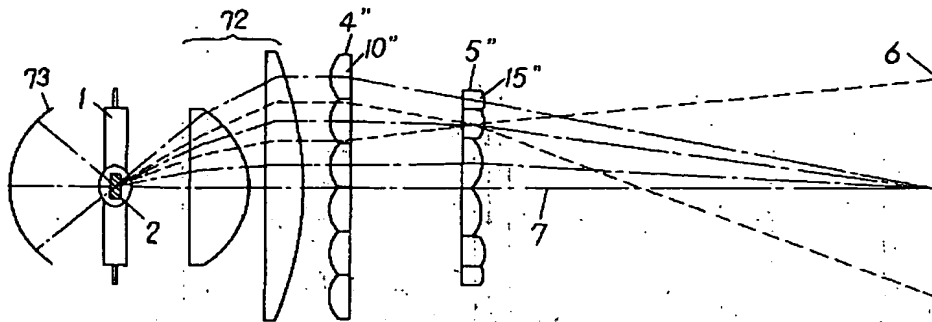


【図9】

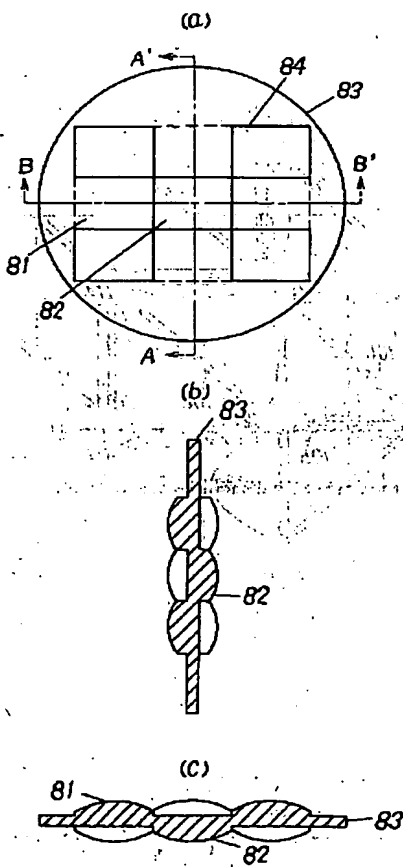


(13)

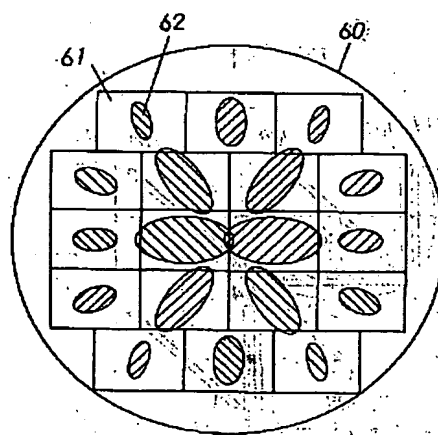
【図10】



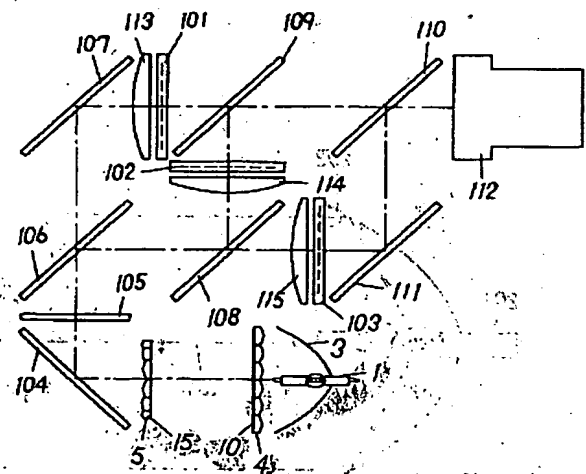
【図11】



【図14】

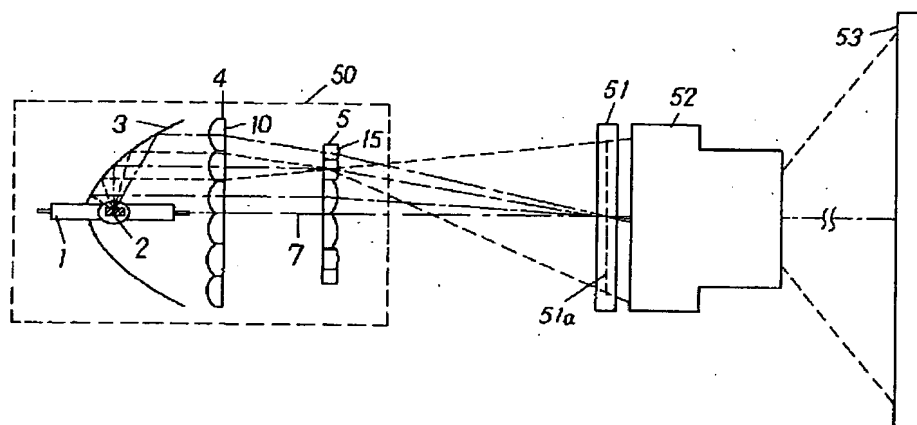


【図15】

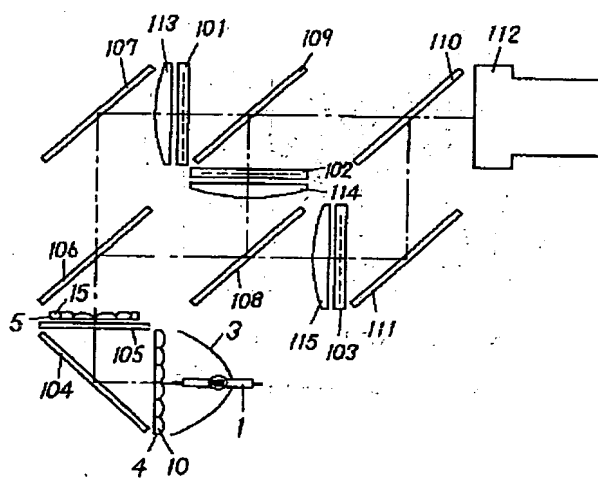


(14)

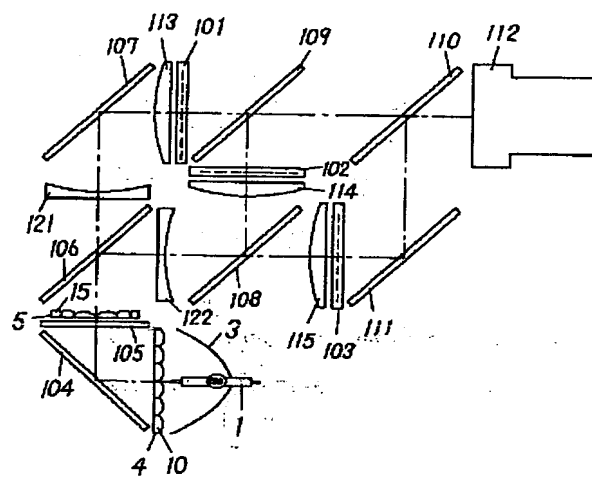
【図13】



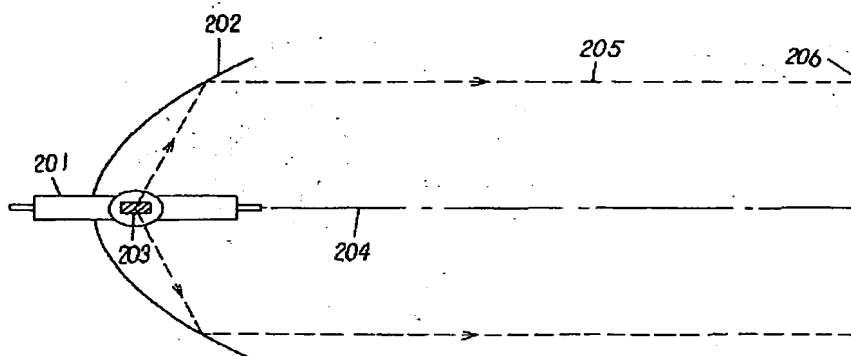
【図16】



【図17】

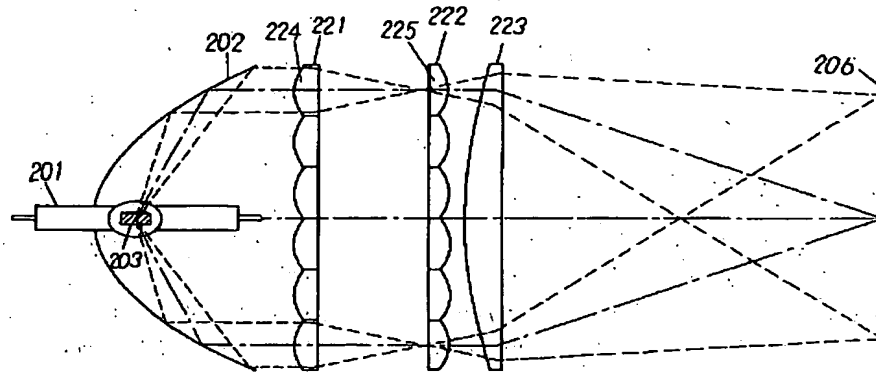


【図18】



(15)

【図 19】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 5 年 3 月 19 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】

【発明が解決しようとする課題】（図 19）に示す照明光学装置は、明るさの均一性が高い反面、照明光の照射角に制約を設けると光利用効率が低いという問題がある。これは、特に大きな発光体と組み合わせた時により大きな問題となる。その理由を以下に述べる。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】一方、光損失を低減させるために、光学系の構成は変えずに第 2 レンズアレイ板のみを大きくすることが考えられる。この場合、被照明領域上での照明光の照射角が大きくなり、投写型表示装置に用いる照明光学装置として、以下に述べる問題が生じる。

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】照明光の照射角が大きくなると、ライトバルブから出射する光の発散角が大きくなる。その結果、F ナンバーの明るい投写レンズを用いて集光する必要があるが生じるが、F ナンバーの明るい投写レンズは、有効径が大きく高価であり、コンパクトな投写光学装置を構成することが困難になる。

## 【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】更に、偏光特性を利用するライトバルブは、一般に光の入射角に応じて光学特性が変化する。例えば、液晶パネルでは、照明光の照射角が大きくなると表示画像のコントラストが低下する。このため、実用上使用できる投写レンズの F ナンバーには制約がある。

## 【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】その結果、本発明の照明光学装置は、優れた明るさの均一性と共に、高い光利用効率で照射角の小さな照明光を提供する。更に、本発明の照明光学装置を用いて、明るく、明るさの均一性に優れた投写画像を呈示するコンパクトな投写型表示装置を実現できる。

## 【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】一方、第 2 レンズ 15 の各々の開口を大きくすると第 2 レンズアレイ板 5 の有効領域が大きくなり、被照明領域 6 を照明する照明光の照射角が増加するという問題を生じる。照射角とは、照明光の中で主光軸 7 との傾きが最大となる光線の角度を示す。つまり、照射角の大きい照明光とは F ナンバーが小さいことであり、この照明光学装置を用いてライトバルブを照明する場合に、効率よく照明光を集光するためには F ナンバー

(16)

の小さな投写レンズと組み合わせる必要がある。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】これに対し、(図3)に示す第2レンズアレイ板5は、照明光の照射角をあまり大きくすることなく高い光利用効率を実現できる第2レンズ15の各々の開口形状の一例とそれらの配列の一例を提供している。一般に、第2レンズアレイ板5に入射する各々の部分光束の最も収束した断面の大きさは明るさむらを反映して不揃いとなる。そこで、第2レンズ15の各々の開口を有効に異ならせれば、いずれの部分光束に対しても必要十分な開口を与えることができる。この場合、光学系の配置誤差などを考慮してそれぞれの開口に余裕を与えても構わない。同時に、第2レンズ15の各々をできるだけ密接させて配列し、第2レンズアレイ板5の有効領域をできるだけ小さな円領域に近似させる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正内容】

【0033】その結果、有効に異ならせた第2レンズ15の各々の開口は、各々の開口を通過するいずれの部分光束についても大きな損失を生じさせない。同時に、第2レンズアレイ5の有効領域を小さくできるので、光利用効率をあまり低下させることなく照射角の小さい照明光を形成できる。従って、本発明の照明光学装置は、照射角が小さく明るさむらの少ない照明光を高い光利用効率で形成でき、極めて大きな効果を得ることができる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正内容】

【0037】第1レンズ10fは、第2レンズ15f'の開口中心23の近傍に発光体2の実像26を形成し、第2レンズ15f'は第1レンズ10fの開口中心22から出射した光を被照明領域6の中心24に到達させる必要がある。そこで、第1レンズ10fと第2レンズ15f'は適宜偏心させている。具体的に、例えば、第1レンズ10fの回転対称軸の延長上に第2レンズ15f'の開口中心23が位置するように、第1レンズ10fを偏心させる。第2レンズ15f'の曲率中心を第1レンズ10fの開口中心22と被照明領域6の中心24を結ぶ直線上に位置するように、第2レンズ15f'を偏心させる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正内容】

【0045】このことは、第2レンズの各々の開口形状についてのより好ましい状態を提供する。すなわち、対応する第1レンズ10の高さHが大きいものほど第2レンズ15の開口面積を小さくしても、各々の第2レンズ15は対応する各々の発光体像26に対し必要十分な開口を確保できる。加えて、例えば第2レンズ15の各々の開口を矩形とし、それらを密接させてできるだけ小さい面積の円領域を近似するように配列すれば、第2レンズアレイ板5の有効領域を小さくすることができる。その結果、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で照射角が小さく明るさの均一性に優れた照明光を提供できる。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正内容】

【0049】(図9)と(図10)で示したいずれの実施例も、第1レンズアレイ板に入射する光束の明るさむらは、主光軸の近傍ほど明るく、主光軸から離れるほど暗い。これは、放物面鏡を用いて述べた(図1)の構成と同様に、光軸上に配置された発光体の放射光を、光軸について光学的に回転対称の光学系を用いて集光する場合に同様である。このような場合、第1レンズが作る発光体像の太きさは、第1レンズの高さHが大きくなるほど小さくなる。従って、対応する第1レンズの高さHが大きくなるほど第2レンズの開口面積を小さくし、それらを密接させることは、高い光利用効率で照射角の小さい照明光を得るために有効である。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0063

【補正方法】変更

【補正内容】

【0063】ランプは特にメタルハライドランプである必要はない。他に、ハロゲンランプ、キセノンランプなどを用いても構わない。ただし、メタルハライドランプは、他のランプに比較して発光体が大い反面、発光効率と色再現特性に優れている。本発明の照明光学装置は、発光体の大きいランプを用いるほどより大きな効果を得ることができるので、メタルハライドランプを用いるとより優れた照明光学装置を実現できる。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更



(17)

## 【補正内容】

【0065】照明光学装置5.0は、上述の作用にもとづき明るく均一性に優れた照明光で液晶パネル51の有効表示領域51aを照明する。しかも、光損失を大きくすることなく第2レンズアレイ板5の有効領域を小さくできるので、液晶パネル51を照明する光の照射角が小さい。このため、比較的Fナンバーの大きな投写レンズ52を用いて、明るく、明るさの均一性の優れた投写画像を提供できる。また、照明光の照射角が小さいので、液晶パネル51の視野角特性の影響をあまり受けることなく、コントラストの高い投写画像を実現できる。その結果、高画質で光利用効率の優れた投写型表示装置を実現でき、非常に大きな効果がある。

## 【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0071

【補正方法】変更

【補正内容】

【0071】以上の構成によれば、第2レンズアレイ板5の開口部が内接する円の半径が35mmとなり、最大照射角約7度の照明光により液晶パネル51上で最大250万lxの照度が測定された。次に、投写レンズ52としてF4相当のものをを用い、40インチのスクリーン53上の投写画像の明るさを測定した所、約100.0lxの最大照度が得られた。同時に、明るさの均一性は極めて良好であり、最も暗い所と明るい所の照度比は約60%であった。

## 【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】(図14)に示した第2レンズアレイ板60は、開口部の内接する円の半径が45mmあり、照明光の最大照射角は約9度まで広がった。この照明光を全て利用して照度を測定した場合、液晶パネル51上で230万lxの照度が得られた。また、第2レンズアレイ板60上の発光体像62を観察した結果、主光軸7の近傍に位置する発光体像62の一部は、対応する第2レンズ61の開口より大きく光の損失が発生していた。(図14)に、発光体像62の観察結果を模式的に書き加える。

## 【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】これに対し、F3相当の投写レンズを用いて40インチのスクリーン53上の明るさを測定した所、最大照度は約90.0lxであった。更に、上述と同じ

F4相当の投写レンズを用いた場合、最大照度は約60.1lxまで低下した。

## 【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0075

【補正方法】変更

【補正内容】

【0075】以上述べた結果から、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率でもって照射角が小さく、明るさの均一性に優れた照明光を形成することが確認できた。また、本発明の投写型表示装置は、F値の大きな投写レンズを用いた場合であっても光損失をあまり発生させることなく、明るさと明るさの均一性に優れた投写画像を提供できることを確認できた。加えて、ライトバルブとして液晶パネルを用いた場合、F3の投写レンズに比較してF4の投写レンズを用いると、コントラストの高い表示を実現できることが視感評価から確認できた。

## 【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正内容】

【0078】(図15)に示す構成においても、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で均一性の優れた照明光を実現でき、かつ、照明光の照射角が小さいのでF値の大きな投写レンズを利用でき、極めて大きな効果が得られる。結果として、明るく、均一性に優れた高画質の投写画像が得られるコンパクトな投写型表示装置を実現できる。

## 【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0086

【補正方法】変更

【補正内容】

【0086】以上述べたいずれの実施例においても、本発明の照明光学装置は、高い光利用効率で明るさ均一性に優れ、かつ照射角の小さな照明光を得ることができる。更に、本発明の照明光学装置を用いて投写型表示装置を構成した場合に、Fナンバーの大きな投写レンズと組み合わせても、明るく、明るさ均一性に優れたコンパクトな投写型表示装置を実現することができ、極めて大きな効果を得ることができる。

## 【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0088

【補正方法】変更

【補正内容】

【0088】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の照明光学装置は、被照明領域への照明光の照射角を大きくすること

(18)

なく、高い光利用効率で明るさの均一性に優れた照明を提供する。更に、本発明の照明光学装置を用いて、明る

く、明るさの均一性に優れた投写画像を呈示するコンパクトな投写型表示装置を実現できる。